

**This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

Abstract for JP 11-045840

Fluid separation of bonded semiconductor and other substrate - jets fluid at junction of composite where semiconductor has a porous layer and separates without damage.

Patent Assignee: CANON KK (CANO)

Inventor: OHMI K; SAKAGUCHI K; YANAGITA K; YONEHARA T

Number of Countries: 030 Number of Patents: 008

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 867917	A2	19980930	EP 98302313	A	19980326	199843 B
AU 9859662	A	19981001	AU 9859662	A	19980326	199851
CA 2233127	A	19980927	CA 2233127	A	19980325	199910
JP 11045840	A	19990216	JP 9877347	A	19980325	199917
CN 1208246	A	19990217	CN 98102954	A	19980327	199926
SG 68035	A1	19991019	SG 98626	A	19980325	199950
JP 11274018	A	19991008	JP 9877347	A	19980325	199954 N
			JP 98288008	A	19980325	
KR 98080777	A	19981125	KR 9810693	A	19980327	200005

Abstract (Basic): EP 867917 A

A method of separating a composite having many mutually bonded members (1,2) at a position (3) different from the bonding position (14) comprises jetting a fluid (7) against a side surface of the composite to cause separation. Also claimed are: (i) a method as above of producing a semiconductor substrate having porous and non-porous single crystal layers. (ii) a method as above in which the composite is rotated while being jetted by fluid. (iii) an apparatus for separation as above. (iv) a method of forming an electronic device or IC as above.

USE - In the formation of silicon-on-insulator substrates by separating bonded substrates

ADVANTAGE - The bonded substrates are separated without damage and without destruction of the separation region which may contaminate the apparatus with particles: high quality substrates can be easily made at high yield.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-45840

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月16日

(51) Int.Cl.⁶
H 0 1 L 21/02
// H 0 1 L 27/12

識別記号

F I
H 0 1 L 21/02 Z
27/12 B

審査請求 有 請求項の数41 O L (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願平10-77347

(22) 出願日 平成10年(1998) 3月25日

(31) 優先権主張番号 特願平9-75498

(32) 優先日 平9(1997) 3月27日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平9-138477

(32) 優先日 平9(1997) 5月28日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 近江 和明

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(72) 発明者 坂口 清文

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(72) 発明者 柳田 一隆

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(74) 代理人 弁理士 丸島 儀一

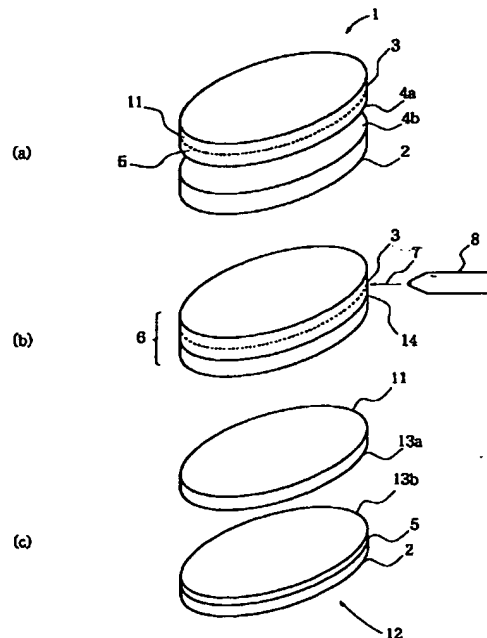
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合部材の分離方法、分離された部材、分離装置、半導体基体の作製方法および半導体基体

(57) 【要約】

【課題】 複合部材を破損したり、傷つけたりすることなく分離する。

【解決手段】 複数の部材(1、2)が互いに接合されて成る複合部材に、流体(7)をノズル(8)より吹き付けることにより、接合された箇所(14)以外の箇所(3)から複数の部材(11、12)に分離する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに接合された複数の部材を有する複合部材を、前記複数の部材の接合箇所とは異なる箇所において、分離する複合部材の分離方法において、前記複合部材の側面に流体を吹き付けることにより、前記複合部材を分離することを特徴とする分離方法。

【請求項2】 前記複合部材は、一方の部材の内部に微小空隙を含む分離領域を有し、この分離領域付近に流体を吹き付けることにより、分離領域から複数の部材に分離する請求項1に記載の分離方法。

【請求項3】 前記分離領域付近に、流体を受けて分離領域を押し広げる力を生ずるような、凹型を形成する請求項2に記載の分離方法。

【請求項4】 前記分離領域は、前記接合箇所よりも機械的強度が脆弱である請求項2に記載の分離方法。

【請求項5】 前記分離領域は、陽極化成法によって形成された多孔質層から成る請求項2に記載の分離方法。

【請求項6】 前記分離領域は、イオン打ち込みにより形成された微小気泡を得ることのできる層である請求項2に記載の分離方法。

【請求項7】 前記流体を吹き付ける方法として、高圧の水流をノズルから吹き出すウォーター・ジェット法を用いた請求項1に記載の分離方法。

【請求項8】 請求項1記載の分離方法によって分離された部材。

【請求項9】 基板上に多孔質単結晶半導体層と、該多孔質単結晶半導体層の上に設けられた非多孔質単結晶半導体層とを有する第1の基体を用意する工程、前記第1の基体と第2の基体とを貼り合わせて複合部材を形成する工程、及び前記複合部材の前記多孔質単結晶半導体層の付近に流体を吹き付けることにより、前記複合部材を多孔質単結晶半導体層において分離する工程を有することを特徴とする半導体基体の作製方法。

【請求項10】 前記複合部材の前記多孔質単結晶半導体層の付近に、流体の流れを受けて多孔質単結晶半導体層を押し広げる方向の力を生ずるような、凹型を形成する請求項9に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項11】 前記多孔質単結晶半導体層は、第1の基体と第2の基体の貼り合わせ面よりも機械的強度が脆弱である請求項9に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項12】 前記多孔質単結晶半導体層が、陽極化成法によって形成されたものである請求項9に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項13】 前記流体の吹き付ける方法として、高圧の水流をノズルから吹き出すウォーター・ジェット法を用いた請求項9に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項14】 第1の基体は、単結晶シリコン基板を部分的に多孔質化することによって多孔質単結晶シリコン層を形成し、該多孔質単結晶シリコン層上に非多孔質単結晶シリコン層をエピタキシャル成長することによ

て形成される請求項9に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項15】 前記第1の基体と第2の基体は、少なくとも1つの絶縁層を介して貼り合わされ、該絶縁層は前記非多孔質単結晶シリコン層の表面を酸化することによって形成される請求項14に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項16】 前記第2の基体は、光透過性の基板から成る請求項9に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項17】 前記第2の基体は、シリコン基板から成る請求項9に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項18】 単結晶半導体から成る第1の基体の所定の深さにイオンを打ち込むことにより、微小気泡層を得ることのできるイオン打ち込み層を形成する工程、前記第1の基体と第2の基体とを絶縁層を介して貼り合わせて複合部材を形成する工程、及び前記複合部材のイオン打ち込み層の付近に流体を吹き付けることにより、前記複合部材をイオン打ち込み層において分離する工程を有することを特徴とする半導体基体の作製方法。

【請求項19】 前記複合部材のイオン打ち込み層の付近に、流体を受けてイオン打ち込み層を押し広げる方向の力を生ずるような、凹型を形成する請求項18に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項20】 前記イオン打ち込み層は、第1の基体と第2の基体の貼り合わせ面よりも機械的強度が脆弱である請求項18に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項21】 前記流体を吹き付ける方法として、高圧の水流をノズルから吹き出すウォーター・ジェット法を用いた請求項18に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項22】 請求項9に記載の方法で作製された半導体基体。

【請求項23】 請求項1記載の分離方法を実行する分離装置。

【請求項24】 高圧の水流をノズルから吹き出すウォーター・ジェット法により流体を吹き付けることを特徴とする請求項23に記載の分離装置。

【請求項25】 前記複合部材と前記ノズルとを相対的に移動させて前記水流を走査させることを特徴とする請求項24に記載の分離装置。

【請求項26】 前記複合部材を固定し前記ノズルを走査して前記水流を走査させることを特徴とする請求項25に記載の分離装置。

【請求項27】 前記複合部材を保持する保持体と、前記複合部材の前記接合された箇所に沿って前記ノズルを水平移動させるノズル水平移動機構と、前記複合部材と前記ノズルとの垂直方向距離を調整するノズル垂直移動機構とを有することを特徴とする請求項26に記載の分離装置。

【請求項28】 前記ノズルを支点を中心に扇状に走査する機構を有することを特徴とする請求項26に記載の分離装置。

【請求項29】 前記複合材料を中心として前記複合材料の周囲を前記ノズルが回転することを特徴とする請求項26に記載の分離装置。

【請求項30】 前記ノズルが複数からなることを特徴とする請求項26に記載の分離装置。

【請求項31】 前記複合部材を走査し前記ノズルを固定して前記水流を走査させることを特徴とする請求項25に記載の分離装置。

【請求項32】 前記複合部材を回転させる回転機構を有することを特徴とする請求項31に記載の分離装置。

【請求項33】 前記複合部材の回転中心に向けて前記ノズルを位置させることを特徴とする請求項32に記載の分離装置。

【請求項34】 前記複合部材の回転中心を保持する回転保持部材を有することを特徴とする請求項32に記載の分離装置。

【請求項35】 互いに接合された複数の部材を有する複合部材の第1の面を第1の保持体により回転可能に保持し、前記複合部材の第2の面を第2の保持体により回転可能に保持し、前記第1及び第2の保持体を同期させて回転させ、回転する前記複合部材の端面に流体を吹き付け、前記複合部材を前記流体が吹き付けられた箇所を起点として、複数の部材に分離することを特徴とする分離方法。

【請求項36】 前記複合部材の接合箇所とは異なる分離箇所に前記流体を吹き付ける請求項35に記載の分離方法。

【請求項37】 前記複合部材の端面には凹部が設けられており、該凹部の底部に前記流体を吹き付ける請求項35に記載の分離方法。

【請求項38】 互いに接合された複数の部材を有する複合部材の第1の面を回転可能に保持する第1の保持体、前記複合部材の第2の面を回転可能に保持する第2の保持体、前記第1及び第2の保持体の回転の同期をとる同期手段、回転する前記複合部材の端面に流体を吹き付けるノズル、前記複合部材を前記流体が吹き付けられた箇所を起点として複数の部材に分離することを特徴とする分離装置。

【請求項39】 前記複合部材の接続箇所とは異なる分離箇所に前記流体を吹き付けるように前記ノズルの位置を定める手段を有する請求項38に記載の分離装置。

【請求項40】 前記複合部材の端面には凹部が設けられており、該凹部の底部に前記流体を吹き付けるように前記ノズルの位置を定める手段を有する請求項38に記載の分離装置。

【請求項41】 互いに接合された複数の部材を有する複合部材を、前記複数の部材の接合箇所とは異なる箇所にある微小空隙を含む分離領域において、分離する複合部材の分離方法において、盤状の前記複合部材の側面に研磨粒子を含まない流体を吹き付けることにより、前記

複合部材を分離することを特徴とする分離方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複合部材の分離方法、分離装置、分離された部材、半導体基体及びその作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】基板の絶縁性表面上への単結晶Si半導体層の形成は、セミコンダクター オン インシュレーター(SOI)技術として広く知られ、通常のSi集積回路を作製するバルクSi基板では到達しえない数々の優位点をSOI技術を利用したデバイスが有することから多くの研究が成されてきた。すなわち、SOI技術を利用することで、(1)誘電体分離が容易になり高集積化が可能、(2)放射線耐性に優れている、(3)浮遊容量が低減され高速化が可能、(4)ウェル形成工程が省略できる、(5)ラッチアップを防止できる、

(6)薄膜化により完全空乏型電界効果トランジスタの実現が可能、等の優位点が得られる。

【0003】上記のようなデバイス特性上の多くの利点を実現するために、ここ数十年に渡り、SOI構造の形成方法について研究されてきている。古くは、単結晶サファイア基板上に、SiをCVD(化学気相堆積法)で、ヘテロエピタキシーさせて形成するSOS(シリコン オン サファイア)が知られており、最も成熟したSOI技術として一応の成功は収めはしたが、Si層と下地サファイア基板界面の格子不整合により大量の結晶欠陥、サファイア基板からのアルミニウムのSi層への混入、そして何よりも基板の高価格と大面積化への遅れにより、その応用の広がりが妨げられている。比較的近年には、サファイア基板を使用せずにSOI構造を実現しようという試みが行なわれている。この試みは、次の二つに大別される。

【0004】1. Si単結晶基板を表面酸化した後に、酸化膜に窓を開けてSi基板を部分的に表出させ、その部分をシードとして横方向エピタキシャル成長させ、SiO₂上へSi単結晶層を形成する(この場合には、SiO₂上にSi層の堆積をとまなう)。

【0005】2. Si単結晶基板そのものを活性層として使用し、その下部にSiO₂を形成する(この方法は、Si層の堆積をとまなわない)。

【0006】上記1を実現する手段として、CVDにより、直接、単結晶層Siを横方向エピタキシャル成長させる方法、非晶質Siを堆積して、熱処理により固相横方向エピタキシャル成長させる方法、非晶質あるいは、多結晶Si層に電子線、レーザー光等のエネルギービームを収束して照射し、熔融再結晶により単結晶層をSiO₂上に成長させる方法、そして、棒状ヒーターにより帯状に熔融領域を走査する方法(Zone Melting Recrystallization)が知ら

れている。これらの方法にはそれぞれ一長一短があるが、その制御性、生産性、均一性、品質に多大の問題を残しており、いまだに、工業的に実用化したものはない。たとえば、CVD法は平坦薄膜化するには、犠牲酸化が必要となる。固相成長法では得られる結晶性が悪い。また、ビームアニール法では、収束ビーム走査による処理時間と、ビームの重なり具合、焦点調整などの制御性に問題がある。このうち、Zone Melting Recrystallization法がもっとも成熟しており、比較的大規模な集積回路も試作されているが、依然として、亜粒界等の結晶欠陥は、多数残留しており、少数キャリアデバイスを作成するに充分良質の結晶を得るには至っていない。

【0007】上記2の方法であるSi基板をエピタキシャル成長の種子として用いない方法に於いては、次の4種類の方法が挙げられる。

【0008】(1) V型の溝が表面に異方性エッチングされたSi単結晶基板に酸化膜を形成し、該酸化膜上に多結晶Si層をSi基板と同じ程度厚く堆積した後、Si基板の裏面から研磨によって、厚い多結晶Si層上にV溝に囲まれて誘電分離されたSi単結晶領域を形成する。この手法に於ては、結晶性は、良好であるが、多結晶Siを数百ミクロンも厚く堆積する工程、単結晶Si基板を裏面より研磨して分離したSi活性層のみを残す工程に、制御性と生産性の点から問題がある。

【0009】(2) サイモックス(SIMOX: Separation by Ion Implanted Oxygen)と称されるSi単結晶基板中に酸素のイオン注入によりSiO₂層を形成する方法であり、Siプロセスと整合性が良いため現在もっとも成熟した手法である。しかしながら、SiO₂層を形成するためには、酸素イオンを 10^{18} ions/cm²以上も注入する必要があるが、その注入時間は長大であり、生産性は高いとはいえず、また、ウエハコストは高い。更に、結晶欠陥は多く残存し、工業的に見て、少数キャリアデバイスを作製できる充分な品質に至っていない。

【0010】(3) 多孔質Siの酸化による誘電体分離によりSOI構造を形成する方法。この方法は、P型Si単結晶基板表面にN型Si層をプロトンイオン注入(イマイ他、J. Crystal Growth, Vol. 63, 547 (1983))、もしくは、エピタキシャル成長とパターニングによって島状に形成し、表面よりSi島を囲むようにHF溶液中の陽極化成法によりP型Si基板のみを多孔質化したのち、増速酸化によりN型Si島を誘電体分離する方法である。本方法では、分離されているSi領域は、デバイス工程のまゝに決定されており、デバイス設計の自由度を制限する場合があるという問題点がある。

【0011】(4) Si単結晶基板を、熱酸化した別のSi単結晶基板に、熱処理又は接着剤を用いて張り合わ

せ、SOI構造を形成する方法が注目を浴びている。この方法は、デバイスのための活性層を均一に薄膜化する必要がある。すなわち、数百ミクロンもの厚さのSi単結晶基板をミクロンオーダーかそれ以下に薄膜化する必要がある。

【0012】この薄膜化には以下のように2種類の方法がある。

【0013】1) 研磨による薄膜化

2) 選択エッチングによる薄膜化

1) の研磨では均一に薄膜化することが困難である。特にサブミクロンの薄膜化は、ばらつきが数十%にもなってしまう、この均一化は大きな問題となっている。さらに基板の大口径化が進めばその困難度は増すばかりである。

【0014】また、2) のエッチングは均一な薄膜化に有効とされているが、

- ・せいぜい10²と選択比が充分でない

- ・エッチング後の表面性が悪い

- ・イオン注入、高濃度Bドーパシ層上のエピタキシャル成長あるいはヘテロエピタキシャル成長を用いているためSOI層の結晶性が悪い等の問題点がある。

【0015】さらに張り合わせを用いた半導体基板は、必ず2枚の基板を必要とし、そのうち1枚はほとんど大部分が研磨・エッチング等により無駄に除去され捨てられてしまい、限りある地球の資源を無駄使いしてしまう。したがって、張り合わせによるSOIにおいては、現状の方法では、その制御性、均一性さらには経済性に多くの課題が存在する。

【0016】また、ガラスに代表される光透過性基板上には、一般には、その結晶構造の無秩序性から、堆積した薄膜Si層は、基板の無秩序性を反映して、非晶質か、良くて多結晶層にしかならず、高性能なデバイスは作製できない。それは、基板の結晶構造が非晶質であることによっており、単に、Si層を堆積しても、良質な単結晶層は得られない。ところで、光透過性基板は、受光素子であるコンタクトセンサーや投影型液晶画像表示装置を作製するうえにおいて重要である。そして、センサーや表示装置の画素(絵素)をより一層、高密度化、高解像度化、高精細化するには画素の改善だけではなく高性能な駆動素子が必要である。その結果、光透過性基板上に素子を作り込む場合にも優れた結晶性を有する単結晶層が必要となる。

【0017】このようなSOI基板の製造方法の中でも特開平5-21338号公報に開示された様な多孔質層上に非単結晶半導体層を形成しこれを絶縁層を介して支持基板に移し取る方法は、SOI層の膜厚均一性が優れていること、SOI層の結晶欠陥密度を低く押さえることが容易な事、SOI層の表面平坦性がよい事、製造に際し高価な特殊仕様の装置がいらない事、数100オンゲストロームから10ミクロン程度までの広いSOI膜

厚範囲に対し同一の装置で製造可能な事などの点で非常に優れたものである。

【0018】さらに上記の方法に特開平7-302889号公報に開示されている方法、すなわち多孔質層を有する第一の基体の前記多孔質層上に非多孔質単結晶半導体層を形成し、前記非多孔質単結晶層を第二の基体と絶縁層を介して張り合わせた後、多孔質層において前記第一基体と第二の基体を両者を破壊することなく分離し、第一の基板の表面を平滑にして再度多孔質を形成し再使用することを繰り返せば第一の基板は何回も使用可能である。したがって製造コストを大幅に低減することが出来、また製造プロセスそのものも単純化することが出来るという大きな効果が得られる。

【0019】この様な第一の基体と第二の基体の両方を破壊することなく分離する貼り合わせ基体の分離方法はいくつか挙げられる。例えば1つは貼り合わせ面に対して垂直な方向に引っ張る方法である。貼り合わせ面に対して平行に剪断応力をかける方法(例えば貼り合わせ面に平行な面内でそれぞれの基体を互いに反対方向に移動させる方法や円周方向にそれぞれの基体を反対方向に回転させる方法など)もある。又、貼り合わせ面に対して垂直な方向に加圧する方法でもよい。更には分離領域に超音波などの波動エネルギーを印加する方法もある。又、分離領域に貼り合わせ基体の側面側から貼り合わせ面に平行に剥離用部材(例えばナイフのような鋭利なブレード)を挿入する方法であってもよい。更に、分離領域として機能する多孔質層に染め込ませた物質の膨張エネルギーを利用する方法もある。分離領域として機能する多孔質層を貼り合わせ基体の側面から熱酸化し体積膨張させて分離する方法もある。分離領域として機能する多孔質層を貼り合わせ基体の側面から選択エッチングして分離する方法もある。分離領域としてイオン打ち込みにより形成された微小気泡(microcavity)を得る事の出来る層を用い貼り合わせ面の法線方向からレーザーを照射して気泡を含む分離領域を加熱することによって分離する方法もある。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、貼り合わせた2枚の基体を分離する上記の方法は理想的には優れた方法ではあるが、それを実現するどんな方法も半導体基体の製造に向いているとは限らない。大きな障害の一つは貼り合わせた半導体基体は一般に、円盤状(ディスク状)であり、またその厚さ0.5~1.0mm程度と薄く、貼り合わせ部分にも治具を引っ掛けられる様な比較的大きなへこみなどが極めて少ないということである。このためオリフラ部(オリエンテーションフラット)に合わせた凹部をもつ治具で基体のオリフラ部を引っかけて貼り合わせ面に平行に回転させたり、貼り合わせ基体の側面の貼り合わせ部分にわずかな凹部を作り、そこに治具を引っかけて引き剥がしたりする方法を使用

するには限界がある。加圧により分離する方法では非常に大きな圧力が必要になるので装置が大型化してしまう。波動エネルギーを利用する方法の場合には効率よく波動が貼り合わせ基体に照射されるようにするために波動を照射する方法にかなりの工夫が必要になるし、分離した直後に分離した基体同士が部分的に接触して振動し合いお互いを傷つけることもある。側面から分離する方法では、基体が曲がる事によって側面が剥がれただけで、中心部までなかなか分離しない事もある。剥離用部材を貼り合わせ基体の側面から分離領域に挿入する方法では剥離用部材を挿入することにより基体の貼り合わせ面だった部分に剥離用部材と基体との摩擦により傷が付く場合がある。

【0021】この様な問題を避けるには前記分離領域の機械的強度を相当に脆弱にしておく事が一つの解決策になり得る。ところがこの様にすると基体の貼り合わせ前に外部からの衝撃により分離領域の部分が破壊される確立が高くなる。またその様な場合破壊された分離領域の一部がパーティクルとして製造装置の中を汚染する事もある。従来の分離方法はそれぞれ大きな長所を持つが、上記の様な課題もまだ残っている。

【0022】本発明の目的は、基体自身を破壊することなく分離出来、分離した基体に傷を付けず、貼り合わせ基体の分離工程以前では外的衝撃を受けても分離領域の破壊が起こり難く、それによる製造装置のパーティクルによる汚染も防止できるさらに優れた分離方法及び分離装置を提供することである。

【0023】

【課題を解決するための手段】本発明は、互いに接合された複数の部材を有する複合部材に、流体を吹き付けることにより該部材の接合箇所とは異なる箇所(分離領域)において複数の部材に分離する事を特徴とする。

【0024】ここでいう複合部材とは分離領域をその内部に持つものであって分離方法から考えればなんでも良いが、半導体基体の製造方法から見れば次のような構造のものである。すなわち分離領域が表面よりも深い部分に表面に平行な層状に形成され、該表面とその表面から浅い部分は分離領域ではない構造の半導体基体である第一の基体と、第二の基体とを貼り合わせた貼り合わせ基体が、その主要な例である。また分離されてできる部材とは半導体基体の製造方法への応用においては接合前の前記第一の基体と第二の基体ではない。

【0025】本発明においては前記分離領域は前記第一の基体と第二の基体との貼り合わせ界面(接合面)とは異なる位置にある。分離工程では前記貼り合わせ界面から分離するのではなく、貼り合わせ界面とは異なる位置にある分離領域で分離することが必要である。

【0026】従って前記分離領域の機械的強度が前記貼り合わせ界面の機械的強度よりも脆弱であって分離工程においては貼り合わせ界面よりも先に分離領域が破壊さ

れる様にしておく。これにより分離層が破壊されると前記第一の基体の表面側の特定の厚さの部分が第二の基体と貼り合わされたまま第一の基体から分離し、第二の基体上に移し取られる。前記分離領域は陽極化成法で形成された多孔質層であっても良いし、イオン打ち込みにより形成された微小気泡 (microcavity) を得る事の出来る層であっても良い。これらの層はいずれも微小空隙を多数含んでいる。また結晶格子に歪みや欠陥が集中したヘテロエピタキシャル層であっても良い。

【0027】また前記分離領域は構造の異なる複数の層から構成されていても良い。例えば必要なら多孔度 (porosity) の異なる複数の多孔質層から成るものや層に直角な方向に多孔度が変化する多孔質層なども使用可能である。

【0028】例えば第1の基体と第2の基体とが絶縁層を介して貼り合された複合部材を分離して得られる第一の基体から第二の基体上に移し取られた層は、絶縁層上の半導体層 (SOI層) として半導体デバイス等の作製に利用される。

【0029】前記分離を行なうために用いることの出来る流体の吹き付けは高圧の水流をノズルから噴射するいわゆるウォーター・ジェット法により実現できる。また水を使用せずアルコールなどの有機溶剤であってもよいし、ふっ酸、硝酸、などの酸、あるいは水酸化カリウム等のアルカリ、その他の分離領域を選択的にエッチングする作用のある液体であってもよい。特に研磨粒子を含まない液体を用いるとよい。さらに流体として空気、窒素ガス、炭酸ガス、希ガスなどの気体からなる流体を用いても良い。分離領域に対してエッチング作用を持つガスやプラズマからなる流体を用いても良い。

【0030】上記のような分離方法を半導体基体の作製法に採用する事により

1) 基板上に多孔質単結晶半導体層と非多孔質単結晶半導体層とが順次積層された第1の基体を用意する工程、前記第1の基体と第2の基体とを前記非多孔質単結晶半導体層が内側に位置する複合部材が得られるように貼り合わせる工程、及び前記複合部材の多孔質単結晶半導体層の付近に流体を吹き付けることにより、前記複合部材を多孔質単結晶半導体層において分離する工程を有することを特徴とする半導体基体の作製方法や、

2) 単結晶半導体から成る第1の基体の所定の深さにイオンを打ち込むことにより、微小気泡層 (microcavity層) を得ることのできるイオン打ち込み層を形成する工程、前記第1の基体と第2の基体とを絶縁層を介して、且つ前記第1の基体のイオンを打ち込んだ面が内側に位置する複合部材が得られるように貼り合わせる工程、及び前記複合部材のイオン打ち込み層の付近に流体を吹き付けることにより、前記複合部材をイオン打ち込み層において分離する工程を有することを特徴とする半導体基体の作製方法などが実現でき、従来の問題点

を解決できる半導体基体の作製が可能になる。

【0031】

【発明の実施の形態】図1は本発明による複合部材の分離方法を説明する為の模式図である。

【0032】図1の(a)は盤状(板状)の第1の部材1と第2の部材2との接合前の様子を示している。第1の部材1はその内部に分離箇所となる分離領域3を有している。この層状の分離領域3は、接合面4a側にある層領域5より機械的強度が弱い。

【0033】2つの部材1、2は、図1の(b)に示すように接合面4a、4bを向き合わせて接合され接合界面14を有する円盤状の複合部材となる。この複合部材の側面(端面)6にある分離領域3の端部に向けて、流体7をノズル8より噴射し、吹き付ける。流体7が吹き付けられた分離領域3は、除去され或いは崩壊する。こうして、複合部材は、分離領域3を境にして図1の(c)に示すように2つの部材11、12に分離される。

【0034】こうして分離された一方の部材11の分離面13a上には、層領域5は既に存在しておらず、層領域5は分離面13bを露出するように元の第2の部材2の接合面4b上に移し取られる。

【0035】こうして第2の部材2上に薄い層領域5を有する部材が得られる。

【0036】第2の部材2と層領域5とを互いに異なる材料で構成すれば、容易に異種接合を有する部材を作製できる。そのような材料の具体例は、導電体、半導体、絶縁体であり、これらの中から2種が選択されて第2の部材2と層領域5となる。

【0037】この分離領域は噴射された流体により、当該分離領域を境に2分でき、且つ分離領域以外の領域に損傷を与えないように、脆弱な領域にするとよい。具体的には、分離領域内に複数の微小空隙を含ませれば、脆弱になる。或いは異種イオンの打ち込みにより歪みを作ってもよい。微小空隙は、後述するように多孔質体の孔や、イオン注入による気泡により、形成される。分離領域は0.1 μ m~900 μ m程度にするとよい。より好ましくは、0.1 μ m~10 μ mである。

【0038】本発明において分離を行うために用いる流体の流れは加圧した流体をノズルから噴射する事により実現可能である。噴射する流れをより高速、高圧の細いビームにする為の方法としては「ウォータージェット」第1巻1号第4ページなどに紹介されているような流体として水を用いるウォータージェット法を使用する事が出来る。本発明に使用可能なウォータージェットは、高圧ポンプにより加圧された数千kgf/cm²の高圧水を細いノズルから噴射するものであって、これによって、セラミックス、金属、コンクリート、樹脂、ゴム、木材などの切断(ただし、固い材料の時は水にSiO₂微粒子のような研磨剤を加える)、加工、表層の塗膜の

除去、部材表面の洗浄などを行う事が出来る。従来のウォータージェットの使用においては、上記のように材料の一部を除去することが主な効果であった。すなわち、ウォータージェット切断は主部材のきりしろを除去すること、また、塗膜の除去、部材表面の洗浄は不要な部分を除去することであった。本発明の流体の流れの形成方法としてウォータージェットを用いる場合、貼り合わせ基体の側面(端面)の貼り合わせ目に合わせてウォータージェットを噴射する事により、側面から前記分離領域の少なくとも一部を除去する事が可能である。この場合先ず貼り合わせ基体の側面に露出している前記分離領域及びその周辺の第1の基体と第2の基体の一部に直接ウォータージェットを噴射する。するとそれぞれの基体は損傷を受けず機械強度が脆弱な分離領域のみがウォータージェットにより除去或いは崩壊して二枚の基体に分離される。また何らかの理由で前記分離領域が側面に予め露出していなくて何か薄い層でその部分が覆われている場合でも、ウォータージェットでまず分離領域を覆う側面上の層を除去し、そのまま続けて側面から露出した分離領域を除去すればよい。

【0039】また従来は余り利用されなかった効果ではあるが、面取りされた2枚の基板を貼り合わせた貼り合わせ基体周囲の側面の狭い凹部にウォータージェットを噴射することにより、水が微小空隙に侵入し構造が脆弱な前記分離領域の微小空隙を押し拡げて破壊して貼り合わせ基板を分離する事も出来る。この場合切断や除去が目的でないため分離領域の切断くずがほとんど発生しないし、分離領域の素材自体がウォータージェットそのものでは除去できないものであっても研磨粒子を使用する事なく、また分離されて得られた表面(分離面)にダメージを与えることなく分離することが可能である。この様にこの効果は切断とか研磨といった効果ではなく、流体による一種の楔の効果と考えることも出来る。従ってこの効果は貼り合わせ基体の側面に凹型又は狭い隙間があつてウォータージェットを噴射することにより分離領域を境に引き剥がす方向に力が掛かる場合には大いに効果が期待できる。この効果を充分に発揮させようとするならば上記貼り合わせ基体の側面の形状が凸型ではなく凹型である方が好ましい。

【0040】図2はこの効果を示す図である。図2において、901、911は第1の基体、902、912は第2の基体、903、913は分離領域、904、914は半導体層、905、915は絶縁層、906、916は貼り合わせ界面、907は流体のジェット、908、918は流体から基体を受ける力の方向を示す。

【0041】図2(a)は上記貼り合わせ基体の端部側面が凹型の場合にウォータージェットが基体を与える力の方向を概念的に表したものである。前記凹部を押し拡げる方向に、したがって貼り合わせた基体相互が引き剥がされる方向に力が加わる。これに対して図2(b)は

端部側面が凸型の場合にウォータージェットが基体を与える力の方向を概念的に表したものであるが、この場合は基体相互が引き剥がされる方向の力はいかからないので少なくとも初期において分離領域の一部を除去出来なければ基体は分離し難いが、多孔質層の空隙(孔)に流体が侵入できれば、分離は可能である。

【0042】また何らかの理由で前記分離領域が予め露出していなくて何か薄い層でその部分が覆われている場合でも、貼り合わせ基体の側面の形状が上記のように凹型であれば同様に分離領域付近を押し拡げ得る方向の力が加わるのでこの圧力によりまず前記側面の分離領域を覆う薄い層が破壊され、続いて分離領域が押し拡げられて破壊するので、分離の効果は十分に発揮される。ウォータージェットの流れを無駄無く受けるためには上記凹部の開口幅がウォータージェットの直径程度またはそれ以上である事が望ましい。半導体基体の製造に本発明を用いる場合には前記第1の基体と第2の基体の厚さがそれぞれ1.0mmを下回る程度であるので貼り合わせ基体の厚さ即ち複合部材の厚さは、2.0mmを下回る程度である。凹部開口幅は概略この1/2程度であることが普通であるのでウォータージェットの直径は1.0mm以下である方が好ましい。現実には0.1mm程度のウォータージェット直径は実用化の範囲内にある。

【0043】流体を噴射するノズルの形状は円形他任意の形状が可能である。細長いスリット上のノズルも使用可能である。この様なノズルから流体を吹き出せば薄い帯状の流れを形成することが出来る。

【0044】ウォータージェットの様々な噴出条件は分離領域の種類、貼り合わせ基板の上記側面の形状などにより自由に選ぶ事が出来る。例えばジェットの圧力、ジェットの走査速度、ノズル径(=ウォータージェット径)、ノズル形状、ノズルと前記分離領域との距離、流体の流量などが重要なパラメータとなる。

【0045】実際の実分離工程では貼り合わせ面に平行な方向からウォータージェットを吹き付けながら貼り合わせ面に沿ってノズルを走査するか、またはウォータージェットの方を固定して貼り合わせ基板の方を平行に移動することにより分離する事が出来る。またノズル付近を要として扇状にウォータージェットを走査する方法や、多くの場合にそうであるように貼り合わせ基板がオリエンテーションラットやノッチが設けられたウェハのような円盤状ならノズルを固定して貼り合わせ基板をその中心を回転中心として回転させる方法も採れる。さらに必要に応じて貼り合わせ界面と同一面内にノズルを置くのではなく、角度を付けた方向からジェットを分離領域に当てる事も可能である。ウォータージェットの走査の仕方は必要に応じて如何様にも出来るのであって、これらの方法には限定されない。ウォータージェットの直径が非常に小さく、また噴射方向が基板表面にほぼ平行であるため、ベクトル分解すると、数千kgf/cm²の高圧

は、ほとんど基板には加圧されない。ウォータージェットが分離領域以外の貼り合わせ基板に与える力は数100g程度であるので基板が破壊されることはない。例えば、このようなウォータージェットの圧力は、ウエハの表面にウォータージェットを垂直に当てて、ウエハを切断しようとしても切断はできない圧力である。

【0046】また使用する流体として水を使用せずアルコールなどの有機溶媒やふっ酸、硝酸などの酸あるいは水酸化カリウムなどのアルカリその他の分離領域を選択的にエッチングする作用のある液体なども使用可能である。さらに流体として空気、窒素ガス、炭酸ガス、希ガスなどの気体を用いても良い。分離領域に対してエッチング作用を持つガスやプラズマを用いる事もできる。使用する水は半導体基板の製造工程に導入する複合部材の分離方法の為に、不純物金属やパーティクル等を極力除去した純水、超純水などの純度の高い水を使用する事が望ましいが、完全低温プロセスであるのでウォータージェットによる分離後に洗浄して除去することも充分可能である。特に本発明においては、不本意なキズを基板に残さないように流体は研磨粒子フリーであることが好ましい。

【0047】本発明による半導体基板は半導体デバイスの製造に利用出来る他、絶縁層上の単結晶半導体層を電子デバイスではなく微細な構造物を形成する為に利用する事も出来る。

【0048】図3は、本発明の一実施の形態による分離装置を示す模式図である。

【0049】101は複合部材としての貼り合わせウエハ、102は流体噴射ノズル、103はノズル102の上下位置を調整する上下移動機構、104はノズル102の水平位置を調整する水平移動機構、115はウエハの水平位置を調整する水平移動機構、105は保持体としてのウエハ保持具である。113、114、116はそれぞれガイドである。図3の装置では、各移動機構103、104、115により、ノズル102とウエハ101の分離領域端部との位置決めがなされ、高圧がかけられた流体をノズル102からウエハ101の側面の分離領域端部に向けて噴射するとともに、ウエハ101を固定したまま、ノズルの水平移動及び上下移動により、ウエハ分離作業が進行する。

【0050】106は必要に応じて用いられる多孔質又は非多孔質の弾性体からなるバックリング材である。

【0051】図4は本発明に用いられる分離装置の別の例を示す概略斜視図である。図4において、401は、2枚のSiウエハを貼り合わせ一体化した複合部材としての半導体ウエハで、内部に分離領域となる多孔質層が存在する。403、404は真空チャックにより半導体ウエハ401を吸着／固定する保持体で、互いに同一回転軸上に存在し、回転可能に取り付けられている。更に保持体404は、ベアリング408に嵌合されて、支持

台409に支持され、後尾でスピードコントロールモータ410の回転軸に直結している。これによりモータ410をコントロールすれば任意のスピードで保持体404を回転することができる。また、もう一つの保持体403はベアリング411に嵌合されて支持台409に支持され、後尾で支持台409との間に圧縮バネ412を介することで保持体403が半導体ウエハ401から離れる方向に力がかかっている。

【0052】まず、半導体ウエハ401を位置決めピン413の凹部にならう様セットし保持体404に吸着／保持させる。保持体404は、半導体ウエハ401の上下位置をピン413にならわすことで半導体ウエハ401中央部を保持することができる。保持体403が半導体ウエハ401を吸着／保持する位置までバネ412に逆らって左方向に進行させる。この時、保持体403には、圧縮バネ412により右方向に力がかかる。このとき、圧縮バネ412による力で、半導体ウエハ401から保持体403が離れない様、圧縮バネの戻る力と保持体403が半導体ウエハ401を吸引する力とを調整し、両者のバランスをとる。

【0053】ジェットポンプ414からジェットノズル402に流体を送り込み、噴出する流体が安定するまで一定時間出し続ける。流体の流れが安定したらノズルを移動し、シャッター406を開いて半導体ウエハ401の厚さ中心にジェットノズル402から噴出した流体を基体101の側面にあてる。この時、保持体404をモータ410によって回転させることにより、半導体ウエハ401及び保持体403を回転させる。流体は、半導体ウエハ401の厚さ方向の中心付近にあてること、半導体ウエハ401を2体に押し広げ半導体ウエハ401内で比較的弱い多孔質層を破壊し、最終的には2体に分離させる。

【0054】この時、上述した様に、半導体ウエハ401に流体は均等にかかり、また保持体403は、半導体ウエハ401を保持しながら右方向に力が働いているので、分離した後分離した半導体ウエハ401同士が摺動し難い機構になっている。

【0055】貼り合わせウエハ401を回転させずにノズル402を貼り合わせウエハ401の貼り合わせ界面（表面）に平行な方向に走査させることで貼り合わせウエハ401を分離させることも可能であるが、貼り合わせウエハ401を回転させずにノズル402を走査させて分離させた場合、0.15mmのノズル径に対し200kgf/cm²の高圧水が必要であるのに対し、貼り合わせウエハ401を回転させノズル402を固定させて分離した場合、200kgf/cm²の圧で分離できる。

【0056】これは貼り合わせウエハ401の中央部に向けて、水を噴出することでノズルを走査する方式に比べ水圧を効率的に押しひろげる力として作用させること

ができるからである。

【0057】なお、水圧を低圧化することにより、次の効果がある。

【0058】1) ウエハが割れることなく分離できること

2) ポンプ能力にゆとりが出来るので沢山のジェットを同時に使用できること

3) ポンプを小型に、軽量に出来ること

4) ポンプ及び配管系の材料選択の範囲が広げられるので純水対応し易くなること

5) ポンプ及び、特に、ジェットの噴射音が小さくまって防音対策が楽になること

【0059】図4に示したウエハ保持手段は、保持体403、404により両面から引っ張る様にして保持するが、保持体403、404を両面から押すようにしてその押し付け圧により保持することもできる。こうした場合も、高圧水は貼り合わせウエハ401を押し広げわずかな隙間を作りながら進行していき、最終的には2体に分離することができる。

【0060】保持体403、404の形状は、貼り合わせウエハ401との接触部が小さいほど高圧水が貼り合わせウエハ401を押し広げる際、貼り合わせウエハ401がフレキシブルに動ける。こうして過度の高圧による応力集中及び貼り合わせウエハ401分離界面中の水が割れを防止でき広がり易くなっている。以上が効果的な分離を可能としている。たとえば、保持体403、404の貼り合わせウエハ401との接触部の径を30mm以下にした場合は、ノズル径0.2mm、圧力400kgf/cm²で貼り合わせウエハ401は割れを生ぜず貼り合わせウエハ401が1回転する間に分離することができる。

【0061】また保持体403、404の形状で貼り合わせウエハ401との接触部が大きいほど高圧水が貼り合わせウエハ401を押し広げる際、貼り合わせウエハ401裏面を支えるので分離中の割れを防止できる。保持体403、404の貼り合わせウエハ401との接触部の径を100mm以上にした場合はノズル径0.2mm、圧力400kgf/cm²で貼り合わせウエハ401は割れを生ぜずに分離することができる。

【0062】保持体403、404と貼り合わせウエハ401との接触部にパーティクルなど異物をはさみこむと、貼り合わせウエハ401は垂直に保持されなくなりそれによって貼り合わせウエハ401最上部の垂直方向からノズル402が前後左右にずれることがあり高圧流体が効果的に貼り合わせウエハ401分離界面に当たらないことがある。その防止機構として保持体403、404の貼り合わせウエハ401接触面を多数の微小な突起で形成することで、接触面積を極力少なくしそれによって異物を挟み込む影響を少なくすることができる。

【0063】図4に示した支持器は保持体404が回転

し保持体403はそれを通して一緒に回転するのでわずかながら回転をとめる方向に力がかかり貼り合わせたウエハ401が全面分離する間隙では分離面にねじれが作用して分離されることがある。その場合は保持体403を保持体404と同期して回転させることにより、分離面のねじれをなくすることができる。詳しい方法については後述する。

【0064】図5は、本発明の別の分離装置を示している。

【0065】図5において、204はウエハ水平駆動機構、205はウエハキャリア、206はウエハ搬送アームである。図5に示すように、ウエハカセット205はウエハ201が水平になるようにカセット台207上に置かれている。ウエハ201はウエハ移載ロボット206によりウエハ支持台204に移載される。ウエハ201の載ったウエハ支持台204はベルトコンベアのような支持台移動機構により高圧ジェットノズル202、203の位置へと送られていく。その両ウエハのベベリングで構成された凹部に、その側方に配置された流体ジェット装置のノズル202、203から高圧の流体を貼り合わせウエハの貼り合わせ界面(表面)に平行な方向から分離領域に向けて噴射する。その際、ノズルは固定しておき、高圧の流体がベベリングで構成された凹部に沿うように貼り合わせウエハを水平方向に走査した。ノズルは片側202あるいは203のみでもよく、必要に応じて、両ノズル202、203を用いてもよい。

【0066】こうすれば多孔質Si層を介してウエハは二分割できる。ここには図示されていないが、分離したウエハは別の移載ロボットで第1の基板側と第2の基板側に分離して格納される。

【0067】水平ジェット方式ではウエハを固定する必要はなく、また、二分割後のウエハもその自重によりウエハ支持台204から飛び出す危険性は少ない。あるいは、ウエハをウエハ支持台に移載した後にウエハ上部に飛び出し防止ピンをウエハ支持台204から突き出してもよいし、ウエハ上部を軽く押さえてもよい。

【0068】さらに、複数の貼り合わせウエハをその面に垂直方向に並べてセットし、そのうち1組の貼り合わせウエハを水平走査し分離させた後、ウエハセット治具をウエハ間隔分ウエハに垂直方向に移動させ、2組目の貼り合わせウエハを1組目と同様に水平走査で順次分離させることも可能である。

【0069】図6に本発明の別の分離装置を模式的に示す。

【0070】図6は使用するウォータージェット装置のノズルとその動きを概念的に示したものである。図6のように、貼り合わせたウエハ301を保持体310によって保持して垂直に立てる。その両ウエハのベベリングで構成された凹部に、その上方に配置されたジェット装置のノズル302から高圧の流体を、貼り合わせウエハ

の貼り合わせ界面（表面）に平行な方向から噴射する。その際、ウエハの貼り合わせ面と同一面内にノズル302とそのノズルを平面内で扇状に首振りさせる支点303をおく。ノズルをウエハの貼り合わせ面内で首振りさせながらジェットの流れもこの面内で振る。これにより高圧のジェットを貼り合わせウエハのエッジ部の貼り合わせ部の凹部又は隙間に沿って噴射させながら移動させることが可能になる。こうすればノズルを貼り合わせ面内で精確に移動させるためのロボットを使用したり、貼り合わせウエハの方を移動させたりあるいは回転させたりする様な機械的に複雑な機構を用いることなく広い範囲の分離領域に流体を噴射する事が出来る。

【0071】図7は本発明の別の分離装置、即ち貼り合わせウエハ501の周辺部にジェット503を噴射させる別の方式を概念的に示したものである。貼り合わせウエハ501を保持体510によって固定しその周囲にノズル502を回転させることによりウエハエッジ部分の全周の貼り合わせ部にジェット503を噴射することが出来る。ウエハ中心部分を保持し、ウエハと同心円上のレール（不図示）をウエハ501の周囲に設置してこのレール上にノズル502を固定した治具512を滑らせる事によりウエハ501の周囲から貼り合わせ部にジェット503を噴射させることが出来る。

【0072】図8は本発明の分離装置の別の例を示している。

【0073】尚、図8において、601は第1のウエハ、602は第2のウエハ、603は貼り合わせ面、604は流体ジェット、605はウエハが流体ジェットから受ける力の方向、606は流体ジェットが貼り合わせ面に対してなす角度を示す。本例では、ノズル611からのジェットの噴射方向をウエハの分離面と平行な方向に対し傾斜角 α をなすように、ノズル611と保持体610の位置を定めている。

【0074】ウエハを図4の様な装置で保持しそのノズルは図8に示す様に配設してウエハ側面に噴射することもできる。ジェット604は貼り合わせ面603に対し α という角度（606）をもっているため二枚のウエハ601、602に与える圧力が等しくならない。図8の例ではウエハ601と602のうちジェットが傾いた側の602の方が相対的に小さな力を受け、その反対側のウエハ601はこれよりも大きな力を受ける。多孔質Siを形成したウエハと反対側にジェットを傾けると多孔質Si又は微小気泡をもつ層が破壊され易くなるので、601の方のウエハが多孔質Siを持つように貼り合わせウエハを設置することが望ましい。

【0075】図9は本発明の別の分離装置を示している。

【0076】図9において、705、706は流体ジェット装置ノズル702、703の上下駆動機構、707はウォータージェット装置ノズル704の水平駆動機

構、708はウエハ保持体を示す。

【0077】図9のように、貼り合わせウエハ701をウエハ保持体708によってウエハの両面から抑えて垂直に立てる。ここでは、オリエンテーションフラットのある側面を上に行っている。その両ウエハ701のベベリングで構成された凹部又は隙間に、その上方あるいは側方に配置された複数（本例では3個）のウォータージェット装置ノズル702、703、704から高圧の流体を、貼り合わせウエハの貼り合わせ界面（表面）に平行な方向から噴射した。ノズルの単体としての構成は図3と同様である。その際、複数のノズル702、703、704を高圧の純水がベベリングで構成された隙間に沿って移動する方向にガイド711、712、713に従って走査した。

【0078】こうしてウエハを二分割する。

【0079】ノズル1本の場合には、ウエハの直径に相当する距離を分離するだけの高圧が必要であった。あるいはウエハの半径の距離しか分離できない圧力の場合にはウエハをひっくり返してさらに反対側から半径の距離分を分離する必要があった。ノズルを複数にすることによりそれぞれのノズルではウエハの半径分を分離すれば充分であり、またウエハをひっくり返して再度高圧水を噴射する必要もなく一度でウエハ全面が分離可能となる。

【0080】図10は、本発明の別の分離装置を示している。図10において、801は複合部材としての貼り合わせウエハ、802は流体ジェットのノズル、803は流体を示す。図10に示すように、貼り合わせたウエハを保持体811に垂直に立てて保持し、その両ウエハのベベリングで構成された隙間に、その上方あるいは側方に配置されたジェット装置のスリット状の開口をもつノズルから高圧の純水を、貼り合わせウエハの貼り合わせ界面（表面）に平行な方向から噴射する。スリットは貼り合わせウエハの貼り合わせ界面（表面）に平行に配置され、線状の水ながきちんと両ウエハのベベリングで構成された隙間に噴射されるように位置決めされている。複数のノズルは高圧の流体がベベリングで構成された隙間に沿って移動する方向に走査される。

【0081】スリットの長さをウエハ直径以上にしておけばノズルの走査は不要になる。

【0082】このスリット状ノズルの効果は、1本の微小径のノズルに比べて、低圧でウエハを分割することが出来ることである。低圧でも、高圧水の出る面積を大きくすることで、ウエハに与える分割に使われるエネルギーを大きくすることができ、より容易に剥がすことが可能になる。

【0083】本発明に用いることのできるノズルはスリット状開口をもつものだけでなく、図11のように複数のノズル1202を密接に直線状に並べて貼り合わせウエハ1201に噴射しても同様の結果が得られる。こ

ここで、1211はウエハの保持体である。

【0084】図12は、本発明の別の分離装置を示しており、複数ジェットを用いて複数のウエハを同時に分離することが出来るものである。

【0085】図12の装置の基本構成は、図3と同様のものが複数それぞれ独立に設置されたものである。ウエハ1001aは保持体1005aにセットされる。ノズル1002aから噴射した高圧流体はウエハ1001aのベベリング部にあてられる。ノズル1002aは水平移動機構1004aにより高圧水がベベリング部に当たりながら紙面に垂直な方向に移動することができる。同様動作はノズル1002b、水平移動機構1004b、保持体1005bを有する図中右側の装置においても可能であり、これによってスループットは倍増した。この図には2セット図示してあるが、それ以上設置してもよい。

【0086】また、高圧ポンプの容量が大きい場合には、左側の高圧水を噴射している間に、右側のウエハを入れ替えて、これを交互に行えばよい。これによって、ローダー、アンローダーのロボットも1セットで済むことになる。

【0087】図13は本発明の別の分離装置を示しており、ウエハ1101a、b、c、d、eをウエハ保持手段1105に一度にセットする。1式のノズル移動機構1103、1104に複数のノズル1102a～1102eが設置されている。ノズル間隔は、ウエハ固定間隔と同じである。保持機構、ノズル移動方式は図3のものと同様である。

【0088】5枚のウエハは、ガイド1114上を水平移動可能な保持体1115a、1115b、1115c、1115d、1115e、1115fの間にその中心軸を一致させて固定される。

【0089】5つのノズル1102a～1102eには、流体の共通供給管とノズルの上下移動機構を兼ねる可動供給管1112が分離器1113を介して接続されている。

【0090】待機位置で各ノズルからの流体の噴射量や圧力を安定させた後、ガイド1111に沿って、全ノズル1102a～1102eは、ウエハの分離位置まで移動し、ウエハを分離しながらガイド1111に沿って進む。分離が終了すると流体の噴射量を少なくするか、或いは停止してノズルを待機位置まで戻す。

【0091】図10～図13の装置においては、ウエハの保持体を回転させることで、ウエハを自転させながら流体を噴射して分離を行うこともできる。

【0092】図14、図15は本発明に用いられる複合材の分離装置を示す上面図及び側面図である。

【0093】この分離装置は回転同期機構を有しており、複合部材の第1の表面を保持する第1の保持体と、該複合部材の第2の表面を保持する第2の保持体と、を

同じ方向に同じ角速度で回転させることが出来る。

【0094】複合部材の一方の表面のみに回転駆動力を与える場合、或いは上述したような同期がとられていない場合、以下に述べるような現象が生じ易い。

【0095】複合部材であるウエハが全面に亘り完全に分離する直前には、必ず、分離面のどこかに最後に分離する微小領域が分離せず残存する瞬間がある。この最終残存微小領域の位置により次の2つの分離モードが考えられる。

【0096】1つは、分離面のほぼ中央に最終残存領域が残る場合、2つ目は、中央以外の領域に最終残存領域が残る場合である。

【0097】この状況を概念的に示したのが図16である。

【0098】前者が発生する時は、周囲から均等に中心に向かって分離していく様な分離状態の時、や、分離面の中心付近の強度が高い場合である。この場合には、ウエハの片側の保持体21だけに回転駆動力を与えると、最終残存微小領域がこの回転によりねじ切られて分離することになる。

【0099】後者の分離モードが発生する時は、流体の吹き付けの初期段階で、ある周囲部分からウエハの半径以上に亘ってきれつが入り一度に分離する様な分離状態の時、や、分離面の中心付近以外の強度が高い場合である。この場合には、ウエハの片側の保持体21だけに回転駆動力を与えると、最終残存微小領域はこの回転によるせん断応力により分離されることになる。

【0100】反対側の保持体22には、独立した駆動力が与えられず、保持体22はウエハを通じて回転を与えられているだけなので、ベアリング等によりどんなに軽く反対側の保持体22を保持していても、わずかながら保持体22の回転をとめる方向に力がかかるためである。

【0101】このねじれやせん断により分離面に垂直方向以外の複雑な力が働き、分離面以外の面で不本意な分離が生じる場合がある。

【0102】従って、ウエハを回転させながら分離する場合には、ウエハの両側を同期をとらずに回転駆動させると、分離時に所望の分離面以外の面から剥がれること、や、ウエハや活性層にダメージが入ること、がある。これらの現象は著しい歩留まりの低下を招く。

【0103】支持台40上には、スピードコントロール可能なモータ32を支持する為のモータ支持体36と、モータシャフト31を回転可能に支持する為の一对のシャフト支持体37、38が固定されている。

【0104】更に支持台40上には、保持体21を回転可能に支持する為の第1のホルダー支持体33と、保持体22を回転可能に支持する為の第2のホルダー支持体34と、が固定されている。

【0105】モータシャフト31に取り付けられたタイ

ミングプーリ29と、保持体21の回転軸23の後尾に取り付けられたタイミングプーリ25とは、タイミングベルト27によって同方向に回転するように連結されている。

【0106】同様にモータシャフト31に取り付けられたタイミングプーリ30と、保持体22の回転軸24の後尾に取り付けられたタイミングプーリ26とは、タイミングベルト28によって同方向に回転するように連結されている。

【0107】プーリ25とプーリ26には同一駆動半径のプーリを用い、プーリ29とプーリ30とも同一駆動半径のプーリを用いる。

【0108】タイミングベルト27、28も同じものを用いる。

【0109】こうしてモータ32の駆動力はシャフト31から各プーリ及びベルトを介して保持体21、22に伝達され、保持体21、22を同方向、同角速度で同一タイミングで回転させる。

【0110】図15の60は流体を噴射させるジェットノズル61はシャッターである。説明をわかりやすくする為、ノズルやシャッターは簡略化して描いている。

【0111】ノズル60は、不図示の固定治具により支持台40上に固定され、ノズル60の位置に合わせてウエハの位置決め部材35が支持台40上の設けられている。

【0112】図17は、ウエハ20を保持する前の状態における、分離装置の保持体の部分断面図である。

【0113】保持体21、22は、ウエハを吸着し、保持する実動作を行う保持部45a、46aと、保持部45a、46aを回転軸23、24と共に回転させる為の固定部45b、46bと、回り止め41、42、43、44等の集合体である。

【0114】保持部45aは、チューブ52及び加圧路56に圧送された加圧気体により、圧縮バネ（コイルスプリング）47に逆らって回転軸23と離れる方向（図中右方）に動き得る。

【0115】保持部45aの中心付近には開口opが設けられ、回転軸内の減圧路55に連通している。開口opは、減圧チューブ51を介して接続されている不図示の真空ポンプにより大気圧より低圧に真空引きされる。

【0116】保持体21、22は図17に示すようにウエハを直接吸着する保持部45aが回転軸23にガイドされて、加圧チューブ52から導入される空気圧により右方に前進する。そして、圧縮バネ47により図中左方に後退する。さらに保持部45aは、回り止め41、42により回転軸23と一緒に回転する。保持体22は基本的に保持体21と鏡面対称で同機構であるが、貼り合わせたウエハ20を保持体22に位置決め、保持した際、貼り合わせたウエハ20とノズル60との位置がいつも定位位置となるように必ず、前進動作において保持

体21の方が保持体22より強い力がかかる様、また後退において保持体22の方が保持体21より強い力がかかる様加圧力が制御ないし調整されている。

【0117】この装置の使用法即ち本発明の複合部材の分離法は以下のとおりである。

【0118】まず、図17に示すように貼り合わせたウエハ20を位置決め台35のノッチにならう様セットする。次に図18の様に保持部45aを加圧空気の導入により前進させ保持体21にウエハを吸着／保持させる。保持体21は、貼り合わせたウエハ20を位置決め台35のノッチにならわすことで貼り合わせたウエハ20の中央部を保持することができる。貼り合わせたウエハ20が、正確な位置に保持されると、貼り合わせたウエハ20の最上部の垂直方向にノズル60が位置し、貼り合わせたウエハ20とノズル60の距離が10～30mmになる構成になっている。次に、保持体22の保持部46aを図中左方に前進させ貼り合わせたウエハ20に吸着／保持させ、その後保持部46aの加圧用空気の導入を止める。貼り合わせたウエハ20は圧縮バネより発生する力と真空吸着力により図中右方向に力がかかる状態で停止する。この時圧縮バネが発生する力は保持部46aが貼り合わせたウエハ20を吸着する力を超えないので減圧路55、57内が真空破壊し吸着力がなくなりウエハ20が落下することはない。

【0119】次に、ポンプ62からノズル60に研磨粒子を含まない流体を送り込み、噴出する水が安定するまで一定時間出し続ける。水が安定したら、シャッター61を開いて貼り合わせたウエハ20の厚さ方向の中心にノズル60から噴出した高圧水をあてる。この時、スピードコントロールモータ32を回転させることにより、保持体21、22を同期をとって回転させウエハ20を回転させる。高圧流体は、ウエハ20の厚さ方向の中心にあたることで、分離領域にも高圧流体が進入し、貼り合わせたウエハ20を2体に押し広げ、最終的には2体に分離させる。

【0120】この時、上述した様に、貼り合わせたウエハ20に高圧水は均等にかかり、また保持体21、22は貼り合わせたウエハ20を引き寄せる方向にそれぞれ力をかけているので、貼り合わせたウエハ20が分離後お互いに更に離れていき、分離した部分同士が摺動しない機構になっている。

【0121】また、図17～20に示したウエハ支持手段は、保持体21、22によりウエハから後退する方向に力がかかるようにして支持するが、保持体21、22を前進方向に力がかかるようにしてその押し付け圧によりウエハを保持することもできる。こうした場合も、高圧水は貼り合わせウエハ20を押し広げわずかな隙間を作りながら浸入していき、最終的にはウエハを2体に分離する。この方式では、保持体21、22の同期をとっていなかった場合、分れたウエハの分離面同士が摺動に

より傷ついたのに対し、同期をとって回転させた場合は傷がなかった。さらに保持体21、22を後退方向に力がかかっているときは、ウエハ分離中、保持体21、22により後退方向に引っ張られることにより分離してない部分と分離している部分とで変位量がちがうことから、貼り合わせたウエハ20のバランスがくずれそこに高圧水がかかり、割れの原因になることがあるが、保持体21、22に前進方向に力がかかっている場合、貼り合わせたウエハ20がバランスを崩すことはなく安定して分離できる。

【0122】尚、完全に分離した貼り合わせたウエハは、高圧又は常圧の流体をかけながら後退方向に力をかけることで間に介在している水の表面張力を断ち切り完全に2体に分離することができる。

【0123】以上のとおり、本発明による分離装置は、1つ或いは複数の複合部材を順次又は同時に流体により分離するものである。複合部材の配置の仕方は、表面の法線方向に複合部材を並べてもよいし、表面と平行な方向に並置してもよい。

【0124】又、複合部材を回転ないし、表面と平行に平行移動させて、流体に当ててもよいし、流体の流れを表面と平行に移動させて複合部材の側面に当ててもよい。又、両者を共に動かしてもよい。

【0125】

【実施例】

(実施例1)

(1層の多孔質・ノズル走査)比抵抗 $0.01\Omega\cdot\text{cm}$ のP型(あるいはN型とすることもできる。)の第1の単結晶Si基板を、HF溶液中において陽極化成を行った。陽極化成条件は以下のとおりであった。

【0126】電流密度: $7(\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2})$

陽極化成溶液: $\text{HF}:\text{H}_2\text{O}:\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}=1:1:1$

時間: 11(分)

多孔質Siの厚み: $12(\mu\text{m})$

【0127】多孔質Siは高品質エピタキシャルSi層を形成させるために、さらに分離層として用い、それぞれ機能を一層で共用している。

【0128】多孔質Si層の厚さは、これに限っておらず、数百 μm から $0.1\mu\text{m}$ 程度まで使用できる。

【0129】この基板を酸素雰囲気中 400°C で1時間酸化した。この酸化により多孔質Siの孔の内壁は熱酸化膜で覆われた。この多孔質Si層の表面をフッ酸で処理し、孔の内壁の酸化膜を残して、多孔質Si層の表面の酸化膜のみ除去した後、多孔質Si上にCVD法により単結晶Siを $0.3\mu\text{m}$ エピタキシャル成長した。成長条件は以下の通りである。

【0130】ソースガス: $\text{SiH}_2\text{Cl}_2/\text{H}_2$

ガス流量: $0.5/180\text{ l/min}$

ガス圧力: 80 Torr

温度: 950°C

成長速度: $0.3\mu\text{m/min}$

【0131】さらに、絶縁層として、このエピタキシャルSi層表面に熱酸化により 200 nm の酸化膜(SiO_2 層)を形成した。

【0132】該 SiO_2 層表面と別に用意した第2のSi基板の表面とを重ね合わせ、接触させた後、 1180°C の温度で5分の熱処理をし、貼り合わせをおこなった。

【0133】上記のようにして形成された貼合わせ基板を、図3に示した装置を用いて分離すべく、貼り合わせたウエハをウエハ保持体によってウエハの両面から支えて垂直に立てる。その両ウエハのベベリングで構成された隙間に、その上方に配置された研磨剤フリーのウォータージェットを 0.15 mm のノズルから 2000 kgf/cm^2 の圧力で高圧の純水を、貼り合わせウエハの貼り合わせ界面(表面)に平行な方向から噴射した。そしてノズル水平駆動機構によりノズルを高圧の純水がベベリングで構成された隙間に沿って移動する方向に走査した。この際、ウエハと保持体との接する部分に弾性体106(たとえば、バイトン、フッ素系ゴム、シリコンゴム、など)を用いると、ウエハが面内に垂直方向に開けるためウエハ保持具により挟まれたところの多孔質Si層部にも高圧水が浸入しウエハを分離することができた。

【0134】その結果、元々第1の基板表面に形成された SiO_2 層、エピタキシャルSi層、および多孔質Si層の一部が、第2の基板側に移設された。第1の基板表面には多孔質Siのみ残った。

【0135】その後、第2の基板上に移設された多孔質Si層を49%弗酸と30%過酸化水素水との混合液で攪はんしながら選択エッチングする。単結晶Siはエッチングされずに残り、単結晶Siをエッチ・ストップの材料として、多孔質Siは選択エッチングされ、完全に除去された。

【0136】非多孔質Si単結晶の該エッチング液に対するエッチング速度は、極めて低く、多孔質層のエッチング速度との選択比は十の五乗以上にも達し、非多孔質層におけるエッチング量(数十オングストローム程度)は実用上無視できる膜厚減少である。

【0137】すなわち、Si酸化膜上に $0.2\mu\text{m}$ の厚みを持った単結晶Si層が形成できた。多孔質Siの選択エッチングによっても単結晶Si層には何ら変化はなかった。形成された単結晶Si層の膜厚を面内全面について100点を測定したところ、膜厚の均一性は $201\text{ nm}\pm 4\text{ nm}$ であった。

【0138】透過電子顕微鏡による断面観察の結果、Si層には新たな結晶欠陥は導入されておらず、良好な結晶性が維持されていることが確認された。

【0139】さらに水素中で 1100°C で熱処理を1時

間行い、表面粗さを原子間力顕微鏡で評価したところ、 $50\mu\text{m}$ 角の領域での平均2乗粗さはおよそ 0.2nm で通常市販されているSiウエハと同等であった。

【0140】酸化膜は、エピタキシャル層表面でなく、第2の基板表面に形成しても、あるいは、その両者に形成しても同様の結果が得られる。

【0141】また、第1の基板側に残った多孔質Siもその後、40%弗酸と30%過酸化水素水との混合液で攪はんしながら選択エッチングした。その後、水素アニール、あるいは表面研磨等の表面処理を施して再び第1の基板としてあるいは第2の基板として使用し、上述した工程をくり返し行うことができた。

【0142】(実施例2)

(2層の多孔質・ノズル走査)比抵抗 $0.01\Omega\cdot\text{cm}$ のP型の第1の単結晶Si基板を、HF溶液中において2段階の陽極化成を行い、2層の多孔質層を形成した。陽極化成条件は以下のとおりであった。

【0143】第1段階

電流密度: $7(\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2})$

陽極化成溶液: $\text{HF}:\text{H}_2\text{O}:\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}=1:1:1$

時間: 5(分)

第1の多孔質Siの厚み: $4.5(\mu\text{m})$

第2段階

電流密度: $30(\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2})$

陽極化成溶液: $\text{HF}:\text{H}_2\text{O}:\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}=1:1:1$

時間: 10(秒)

第2の多孔質Siの厚み: $0.2(\mu\text{m})$

【0144】多孔質Si層を2層構成にすることにより、先に低電流で陽極化成した表面層の多孔質Siは高品質エピタキシャルSi層を形成させるために用い、そして後で高電流で陽極化成した下層の多孔質Siは分離層として用い、それぞれ機能を分離した。したがって、低電流多孔質Si層の厚さはこれに限っておらず、 $0.1\mu\text{m}$ 数百程度まで使用できる。

【0145】また、2層目の多孔質Si層形成後に3層目以降を形成してもよい。

【0146】この基板を酸素雰囲気中 400°C で1時間酸化した。この酸化により多孔質Siの孔の内壁は熱酸化膜で覆われた。この多孔質Si層の表面をフッ酸で処理し、孔の内壁の酸化膜を残して、多孔質Si層の表面の酸化膜のみ除去した後、多孔質Si上にCVD法により単結晶Siを $0.3\mu\text{m}$ エピタキシャル成長した。成長条件は以下の通りである。

【0147】ソースガス: $\text{SiH}_2\text{Cl}_2/\text{H}_2$

ガス流量: $0.5/180\text{ l/min}$

ガス圧力: 80 Torr

温度: 950°C

成長速度: $0.3\mu\text{m/min}$

【0148】さらに、絶縁層として、このエピタキシャルSi層表面に熱酸化により 200nm の酸化膜(SiO_2 層)を形成した。

【0149】該 SiO_2 層表面と別に用意した第2のSi基板の表面とを重ね合わせ、接触させた後、 1180°C の温度で5分間の熱処理をし、貼り合わせをおこなった。

【0150】上記のようにして形成された貼合わせ基板を、図3に示した装置を用いて分離した。分離の過程は実施例1と同様であった。その結果、元々第1の基体表面に形成された SiO_2 層、エピタキシャルSi層、および多孔質Si層の一部が第2の基板側に移設された。第1の基板表面には多孔質Siのみ残った。

【0151】その後、第2の基板上に移設された多孔質Si層を49%弗酸と30%過酸化水素水との混合液で攪はんしながら選択エッチングした。単結晶Siはエッチングされずに残り、単結晶Siをエッチ・ストップの材料として、多孔質Siは選択エッチングされ、完全に除去された。

【0152】すなわち、Si酸化膜上に $0.2\mu\text{m}$ の厚みを持った単結晶Si層が形成できた。多孔質Siの選択エッチングによっても単結晶Si層には何ら変化はなかった。形成された単結晶Si層の膜厚を面内全面について100点を測定したところ、膜厚の均一性は $200\text{nm}\pm 4\text{nm}$ であった。

【0153】透過電子顕微鏡による断面観察の結果、Si層には新たな結晶欠陥は導入されておらず、良好な結晶性が維持されていることが確認された。

【0154】さらに水素中で 1100°C で熱処理を1時間行い、表面粗さを原子間力顕微鏡で評価したところ、 $50\mu\text{m}$ 角の領域での平均2乗粗さはおよそ 0.2nm で通常市販されているSiウエハと同等であった。

【0155】酸化膜は、エピタキシャル層表面でなく、第2の基板表面に形成しても、あるいは、その両者に形成しても同様の結果が得られる。

【0156】また、第1の基板側に残った多孔質Siもその後、49%弗酸と30%過酸化水素水との混合液で攪はんしながら選択エッチングした。その後、水素アニール、あるいは表面研磨等の表面処理を施して再び第1の基板としてあるいは第2の基板として使用し、上述した工程をくり返し行うことができた。

【0157】(実施例3)(多孔質Si+イオン打ち込みによる分離層・ノズル走査)

比抵抗 $0.01\Omega\cdot\text{cm}$ のP型の第1の単結晶Si基板を、HF溶液中において陽極化成を行った。

【0158】陽極化成条件は以下のとおりであった。

【0159】電流密度: $7(\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2})$

陽極化成溶液: $\text{HF}:\text{H}_2\text{O}:\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}=1:1:1$

時間: 11(分)

多孔質Siの厚み: 12 (μm)

【0160】この基板を酸素雰囲気中400℃で1時間酸化した。この酸化により多孔質Siの孔の内壁は熱酸化膜で覆われた。この多孔質Si層の表面をフッ酸で処理し、孔の内壁の酸化膜を残して、多孔質Si層の表面の酸化膜のみ除去した後、多孔質Si上にCVD法により単結晶Siを0.3 μm エピタキシャル成長した。成長条件は以下の通りである。

【0161】ソースガス: SiH_4 / Cl_2 / H_2

ガス流量: 0.5 / 180 l/min

ガス圧力: 80 Torr

温度: 950℃

成長速度: 0.3 $\mu\text{m}/\text{min}$

【0162】さらに、絶縁層として、このエピタキシャルSi層表面に熱酸化により200nmの酸化膜 (SiO_2 層) を形成した。

【0163】ここで投影飛程がエピタキシャル層/多孔質Si界面あるいは多孔質Si/基板界面あるいは多孔質Si層中になるように、第1の基板表面からイオン注入した。これによって、分離層として働く層が、投影飛程の深さの所に微小気泡層あるいは注入イオン種の高濃度層による歪み層として形成された。

【0164】重ね合わせる前に N_2 のプラズマ処理等の前処理を行い、該 SiO_2 層表面と、別に用意した第2のSi基板の表面と、を重ね合わせ、接触させた後、600℃の温度で10時間の熱処理をし、貼り合わせをおこなった。

【0165】上記のようにして形成された貼合わせ基板を、図3に示す装置を用いて分離した。分離の過程は実施例1と同様であった。その結果、元々第1の基体表面に形成された SiO_2 層、エピタキシャルSi層、および多孔質Si層の一部が第2の基板側に移設された。第1の基板表面には多孔質Siのみ残った。

【0166】その後、第2の基板上に移設された多孔質Si層を49%弗酸と30%過酸化水素水との混合液で攪はんしながら選択エッチングした。単結晶Siはエッチングされずに残り、単結晶Siをエッチ・ストップの材料として、多孔質Siは選択エッチングされ、完全に除去された。

【0167】すなわち、Si酸化膜上に0.2 μm の厚みを持った単結晶Si層が形成できた。多孔質Siの選択エッチングによっても単結晶Si層には何ら変化はなかった。形成された単結晶Si層の膜厚を面内全面について100点を測定したところ、膜厚の均一性を201nm \pm 4nmであった。

【0168】透過電子顕微鏡による断面観察の結果、Si層には新たな結晶欠陥は導入されておらず、良好な結晶性が維持されていることが確認された。

【0169】さらに水素中で1100℃で熱処理を1時間行い、表面粗さを原子間力顕微鏡で評価したところ、

50 μm 角の領域で平均2乗粗さはおよそ0.2nmで通常市販されているSiウエハと同等であった。

【0170】酸化膜は、エピタキシャル層表面でなく、第2の基板表面に形成しても、あるいは、その両者に形成しても同様の結果が得られる。

【0171】また、第1の基板側に残った多孔質Siもその後、49%弗酸と30%過酸化水素水との混合液で攪はんしながら選択エッチングした。その後、水素アニール、あるいは表面研磨等の表面処理を施して再び第1の基板としてあるいは第2の基板として使用し、上述した工程をくり返し行うことが出来た。

【0172】本実施例は、エピタキシャルSi層を形成後イオン注入した例であるが、エピタキシャル成長前に多孔質Si層中あるいは多孔質Si/Si基板界面にイオン注入しておいてもよい。

【0173】(実施例4) (イオン打ち込みによるバブル層・ノズル走査)

第1の単結晶Si基板表面に、絶縁層として熱酸化により200nmの酸化膜 (SiO_2 層) を形成した。

【0174】ここで投影飛程がSi基板中になるように、第1の基板表面からイオン注入した。これによって、分離層として働く層が、投影飛程の深さの所に微小気泡層あるいは注入イオン種の高濃度層による歪み層として形成された。

【0175】重ね合わせる前に N_2 のプラズマ処理等の前処理を行い、該 SiO_2 層表面と別に用意した第2のSi基板の表面とを重ね合わせ、接触させた後、600℃の温度で10時間の熱処理をし、貼り合わせをおこなった。

【0176】上記のようにして形成された貼合わせ基板を、図3の装置を用いて分離した。分離の過程は実施例1と同様であった。

【0177】その結果、元々第1の基板表面に形成された SiO_2 層、表面単結晶層、および分離層の一部が第2の基板側に移設された。第1の基板表面には分離層の残りの部分が残った。

【0178】その後、第2の基板上に移設された分離層を49%と弗酸と30%過酸化水素水との混合液で攪はんしながら選択エッチングした。単結晶Siはエッチングされずに残り、単結晶Siをエッチング・ストップの材料として、分離層は選択エッチングされ、完全に除去された。

【0179】残された分離層が十分に薄い場合には、このエッチング工程はなくてもよい。

【0180】すなわち、Si酸化膜上に0.2 μm の厚みを持った単結晶Si層が形成できた。分離層の選択エッチングによっても単結晶Si層には何ら変化はなかった。形成された単結晶Si層の膜厚を面内全面について100点を測定したところ、膜厚の均一性は201nm \pm 4nmであった。

【0181】透過電子顕微鏡による断面観察の結果、Si層には新たな結晶欠陥は導入されておらず、良好な結晶性が維持されていることが確認された。

【0182】さらに水素中で1100℃で熱処理を1時間行い、表面粗さを原子間力顕微鏡で評価したところ、50μm角の領域での平均2乗粗さはおよそ0.2nmで通常市販されているSiウエハと同等であった。

【0183】酸化膜は、エピタキシャル層表面でなく、第2の基板表面に形成しても、あるいは、その両者に形成しても同様の結果が得られる。

【0184】また、第1の基板側に残った分離層もその後、49%弗酸と30%過酸化水素水との混合液で攪はんしながら選択エッチングした。その後、水素アニール、あるいは表面研磨等の表面処理を施して再び第1の基板としてあるいは第2の基板として使用し、上述した工程をくり返すことができた。

【0185】本実施例は、元々Siウエハの表面領域をイオン注入による分離層を介して第2の基板に移設する例であるが、エピウエハを用いてエピタキシャル層をイオン注入による分離層を介して第2の基板に移設してもよい。また、本実施例のイオン注入後に表面SiO₂を除去してからエピタキシャル層を形成して更にSiO₂を形成した後、貼り合わせ工程に入って、エピタキシャル層をイオン注入による分離層を介して第2の基板に移設してもよい。後者の場合は元々Siウエハの表面領域も移設されることになる。

【0186】(実施例5)(ウエハを水平、ウエハを移動)

比抵抗0.01Ω・cmのP型第1の単結晶Si基板を、HF溶液中において陽極化成を行った。

【0187】陽極化成条件は以下のとおりであった。

【0188】電流密度：7(mA・cm⁻²)

陽極化成溶液：HF：H₂O：C₂H₅OH=1：1：1

時間：11(分)

多孔質Siの厚み：12(μm)

【0189】多孔質Siは高品質エピタキシャルSi層を形成させるために、及び分離層として用いる為のものである。

【0190】多孔質Si層の厚さは、これに限っておらず、数百μmから0.1μm程度まで使用できる。

【0191】この基板を酸素雰囲気中400℃で1時間酸化した。この酸化により多孔質Siの孔の内壁は熱酸化膜で覆われた。この多孔質Si層の表面をフッ酸で処理し、孔の内壁の酸化膜を残して、多孔質Si層の表面の酸化膜のみ除去した後、多孔質Si上にCVD法により単結晶Siを0.3μmエピタキシャル成長した。成長条件は以下の通りである。

【0192】ソースガス：SiH₂Cl₂/H₂

ガス流量：0.5/180 l/min

ガス圧力：80 Torr

温度：950℃

成長速度：0.3μm/min

【0193】さらに、絶縁層として、このエピタキシャルSi層表面に熱酸化により200nmの酸化膜(SiO₂層)を形成した。

【0194】該SiO₂層表面と別に用意した第2のSi基板の表面とを重ね合わせ、接触させた後、1180℃の温度で5分間の熱処理をし、貼り合わせをおこなった。

【0195】上記のようにして形成された貼合わせ基板を、図5に示した装置を用いて分離した。尚、図5に示すように、ウエハカセット205をウエハ201が水平になるようにカセット台207に置いた。

【0196】その両ウエハのベベリングで構成された隙間に、その側方に配置されたウォータージェット装置の0.15mmのノズル202、203から2000kgf/cm²の圧力で高圧の純水を、貼り合わせウエハの貼り合わせ界面(表面)に平行な方向から噴射した。そして、ノズルは固定しておき、高圧の純水がベベリングで構成された隙間に沿うように貼り合わせウエハを水平方向に走査した。

【0197】そうしたところ、多孔質Si層を介してウエハは二分割された。次に図示、分離したウエハは別の移動ロボットで第1の基板側と第2の基板側に分離して格納し、回収した。

【0198】第1の基体表面に形成されていたSiO₂層、エピタキシャルSi層、および多孔質Si層の一部が第2の基板側に移設された。第1の基板表面には多孔質Siのみ残った。

【0199】その後、第2の基板上に移設された多孔質Si層を49%弗酸と30%過酸化水素水との混合液で攪はんしながら選択エッチングした。単結晶Siはエッチングされずに残り、単結晶Siをエッチ・ストップの材料として、多孔質Siは選択エッチングされ、完全に除去された。

【0200】こうして、Si酸化膜上に0.2μmの厚みを持った単結晶Si層が形成できた。多孔質Siの選択エッチングによっても単結晶Si層には何ら変化はなかった。形成された単結晶Si層の膜厚を面内全面について100点を測定したところ、膜厚の均一性は200nm±5nmであった。

【0201】透過電子顕微鏡による断面観察の結果、Si層には新たな結晶欠陥は導入されておらず、良好な結晶性が維持されていることが確認された。

【0202】さらに水素中で1100℃で熱処理を1時間行い、表面粗さを原子間力顕微鏡で評価したところ、50μm角の領域での平均2乗粗さはおよそ0.2nmで通常市販されているSiウエハと同等であった。

【0203】酸化膜は、エピタキシャル層表面でなく、

第2の基板表面に形成しても、あるいは、その両者に形成しても同様の結果が得られる。

【0204】また、第1の基板側に残った多孔質Siもその後、49%弗酸と30%過酸化水素水との混合液で攪はんしながら選択エッチングした。その後、水素アニール、あるいは表面研磨等の表面処理を施して再び第1の基板としてあるいは第2の基板として使用し、上記工程をくり返し行った。

【0205】(実施例6)(ノズルの首を振る)
比抵抗 $0.01\Omega\cdot\text{cm}$ のP型の第1の単結晶Si基板を、HF溶液中において陽極化成を行った。

【0206】陽極化成条件は以下のとおりであった。

【0207】電流密度： $7(\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2})$

陽極化成溶液： $\text{HF}:\text{H}_2\text{O}:\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}=1:1:1$

時間：11(分)

多孔質Siの厚み： $12(\mu\text{m})$

【0208】多孔質Siは高品質エピタキシャルSi層を形成させるために、さらに分離層として用いるのである。

【0209】この基板を酸素雰囲気中 400°C で1時間酸化した。この酸化により多孔質Siの孔の内壁は熱酸化膜で覆われた。この多孔質Si層の表面をフッ酸で処理し、孔の内壁の酸化膜を残して、多孔質Si層の表面の酸化膜のみ除去した後、多孔質Si上にCVD法により単結晶Siを $0.3\mu\text{m}$ エピタキシャル成長した。成長条件は以下の通りである。

【0210】ソースガス： $\text{SiH}_4/\text{Cl}_2/\text{H}_2$

ガス流量： $0.5/180\text{ l/min}$

ガス圧力： 80 Torr

温度： 950°C

成長速度： $0.3\mu\text{m/min}$

【0211】さらに、絶縁層として、このエピタキシャルSi層表面に熱酸化により 200 nm の酸化膜(SiO_2 層)を形成した。

【0212】該 SiO_2 層表面と別に用意したSi基板の表面とを重ね合わせ、接触させた後、 1180°C の温度で5分間の熱処理をし、貼り合わせをおこなった。

【0213】上記のようにして形成された貼合わせ基板を、図6に示す装置を用いて分離した。図6のように、貼り合わせたウエハ301を垂直に立てて、その両ウエハのベベリングで構成された隙間に、その上方に配置されたウォータージェット装置0.15mmのノズル302から 2000 kgf/cm^2 の圧力で高圧の純水を、貼り合わせウエハの貼り合わせ界面(表面)に平行な方向から噴射した。そして、ウエハの貼り合わせ面と同一面内にノズル302とそのノズルを平面内で扇状に首振りさせると、ジェットの流れもこの面内で振られる。

【0214】こうして、多孔質Si層を介してウエハは二分された。その結果、元々第1の基体表面に形成さ

れた SiO_2 層、エピタキシャルSi層、および多孔質Si層の一部が第2の基板側に移設された。第1の基板表面には多孔質Siのみ残った。

【0215】その後、第2の基板上に移設された多孔質Si層を49%弗酸と30%過酸化水素水との混合液で攪はんしながら選択エッチングした。単結晶Siはエッチングされずに残り、単結晶Siをエッチ・ストップの材料として、多孔質Siは選択エッチングされ、完全に除去された。

【0216】すなわち、Si酸化膜上に $0.2\mu\text{m}$ の厚みを持った単結晶Si層が形成できた。多孔質Siの選択エッチングによっても単結晶Si層には何ら変化はなかった。形成された単結晶Si層の膜厚を面内全面について100点を測定したところ、膜厚の均一性は $201\text{ nm}\pm 4\text{ nm}$ であった。

【0217】透過電子顕微鏡による断面観察の結果、Si層には新たな結晶欠陥は導入されておらず、良好な結晶性が維持されていることが確認された。

【0218】さらに水素中で 1100°C で熱処理を1時間行い、表面粗さを原子間力顕微鏡で評価したところ、 $50\mu\text{m}$ 角の領域での平均2乗粗さはおよそ 0.2 nm で通常市販されているSiウエハと同等であった。

【0219】酸化膜は、エピタキシャル層表面でなく、第2の基板表面に形成しても、あるいは、その両者に形成しても同様の結果が得られる。

【0220】また、第1の基板側に残った多孔質Siもその後、49%弗酸と30%過酸化水素水との混合液で攪はんしながら選択エッチングした。その後、水素アニール、あるいは表面研磨等の表面処理を施して再び第1の基板としてあるいは第2の基板として使用し、上述した工程をくり返し行った。

【0221】また、上記実施例2~4のように分離層を形成したウエハの分離を行ったところ同様の結果が得られた。

【0222】(実施例7)(ウエハを回転)

比抵抗 $0.01\Omega\cdot\text{cm}$ のP型の第1の単結晶Si基板を、HF溶液中において陽極化成を行った。

【0223】陽極化成条件は以下のとおりであった。

【0224】電流密度： $7(\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2})$

陽極化成溶液： $\text{HF}:\text{H}_2\text{O}:\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}=1:1:1$

時間：11(分)

多孔質Siの厚み： $12(\mu\text{m})$

【0225】多孔質Siは高品質エピタキシャルSi層を形成させるために、さらに分離層として用いるのである。

【0226】この基板を酸素雰囲気中 400°C で1時間酸化した。この酸化により多孔質Siの孔の内壁は熱酸化膜で覆われた。この多孔質Si層の表面をフッ酸で処理し、孔の内壁の酸化膜を残して、多孔質Si層の表面

の酸化膜のみ除去した後、多孔質Si上にCVD法により単結晶Siを0.3 μ mエピタキシャル成長した。成長条件は以下の通りである。

【0227】ソースガス：SiH₂Cl₂/H₂
 ガス流量：0.5/180 l/min
 ガス圧力：80 Torr
 温度：950℃
 成長速度：0.3 μ m/min

【0228】さらに、絶縁層として、このエピタキシャルSi層表面に熱酸化により200nmの酸化膜(SiO₂層)を形成した。

【0229】該SiO₂層表面と別に用意した第2のSi基板の表面とを重ね合わせ、接触させた後、1180℃の温度で5分間の熱処理をし、貼り合わせをおこなった。

【0230】上記のようにして形成された貼合わせ基板を、図4に示す装置を用いて分離した。

【0231】貼り合わせたウエハ401を両面から支えて垂直にたてる。

【0232】まず、貼り合わせたウエハ401を位置決めピン413にならう様セットし保持体404に吸着/保持させた。貼り合わせた401が、位置決めピン413にならわして正確な位置に保持すると、貼り合わせてウエハ401最上部の垂直方向にノズル402を移動し、貼り合わせたウエハ401とノズル402の距離を15mmとした。つぎに、保持体403を貼り合わせたウエハ401が吸着/保持するまでベアリング411にならって左方向に前進させた。

【0233】次に、ウォータージェットポンプ414からノズル402に研磨粒子を含まない水を送り込み、噴出する水が安定するまで一定時間出し続けた。水が安定したら、シャット406を開いて貼り合わせたウエハ401の側面の厚さ方向の中心にノズル402から噴出した高圧の純水をあてた。この時、保持具404を回転させることにより、貼り合わせたウエハ401及び保持具403を回転させた。多孔質Si層部にも高圧水が進入し貼り合わせたウエハ401を2体に押し広げ、最終的には2体に分離できた。

【0234】その後、第2の基板上に移設された多孔質Si層を49%弗酸と30%過酸化水素水との混合液で攪はんしながら選択エッチングした。単結晶Siはエッチングされずに残り、単結晶Siをエッチ・ストップの材料として、多孔質Siは選択エッチングされ、完全に除去された。

【0235】すなわち、Si酸化膜上に0.2 μ mの厚みを持った単結晶Si層が形成できた。多孔質Siの選択エッチングによっても単結晶Si層には何ら変化はなかった。形成された単結晶Si層の膜厚を面内全面について100点を測定したところ、膜厚の均一性は200nm \pm 3nmであった。

【0236】透過電子顕微鏡による断面観察の結果、Si層には新たな結晶欠陥は導入されておらず、良好な結晶性が維持されていることが確認された。

【0237】さらに水素中で1100℃で熱処理を1時間行い、表面粗さを原子間力顕微鏡で評価したところ、50 μ m角の領域での平均2乗粗さはおよそ0.2nmで通常市販されているSiウエハと同等であった。

【0238】酸化膜は、エピタキシャル層表面でなく、第2の基板表面に形成しても、あるいは、その両者に形成しても同様の結果が得られる。

【0239】また、第1の基板側に残った多孔質Siもその後、49%弗酸と30%過酸化水素水との混合液で攪はんしながら選択エッチングした。その後、水素アニール、あるいは表面研磨等の表面処理を施して再び第1の基板としてあるいは第2の基板として使用し、上述した工程をくり返し行うことができた。

【0240】また、上記実施例2～4のように分離層を形成したウエハを分離したところ同様の結果が得られた。

【0241】(実施例8)(斜めから)

比抵抗0.01 Ω ・cmのP型の第1の単結晶Si基板を、HF溶液中において陽極化成を行った。

【0242】陽極化成条件は以下のとおりであった。

【0243】電流密度：7(mA・cm⁻²)

陽極化成溶液：HF：H₂O：C₂H₅OH=1：1：1

時間：11(分)

多孔質Siの厚み：12(μ m)

【0244】多孔質Siは高品質エピタキシャルSi層を形成させるために、さらに分離層として用いる為のものである。

【0245】多孔質Si層の厚さは、これに限っておらず、数百 μ mから数十 μ m程度まで使用できる。

【0246】この基板を酸素雰囲気中400℃で1時間酸化した。この酸化により多孔質Siの孔の内壁は熱酸化膜で覆われた。この多孔質Si層の表面をフッ酸で処理し、孔の内壁の酸化膜を残して、多孔質Si層の表面の酸化膜のみ除去した後、多孔質Si上にCVD法により単結晶Siを0.3 μ mエピタキシャル成長した。成長条件は以下の通りである。

【0247】ソースガス：SiH₂Cl₂/H₂
 ガス流量：0.5/180 l/min
 ガス圧力：80 Torr
 温度：950℃
 成長速度：0.3 μ m/min

【0248】さらに、絶縁層としてこのエピタキシャルSi層表面に熱酸化により200nmの酸化膜(SiO₂層)を形成した。

【0249】該SiO₂層表面と別に用意した第2のSi基板の表面とを重ね合わせ、接触させた後、1180

℃の温度で5分間の熱処理をし、貼り合わせをおこなった。

【0250】貼り合わせたウエハを垂直に立てて、その両ウエハのベベリングで構成された隙間に、その上方に配置されたウォータージェット装置の直径0.15mmのノズルから2000kgf/cm²の圧力で高圧の純水を、貼り合わせウエハの貼り合わせ界面(表面)対して角度αを持つ方向から噴射した。

【0251】ウエハは図4の様な装置で保持しそのノズルは図8に示す様に配設してウエハ側面に噴射した。

【0252】その後、第2の基板上に移設された多孔質Si層を49%弗酸と30%過酸化水素水との混合液で攪はんしながら選択エッチングした。単結晶Siはエッチングされずに残り、単結晶Siをエッチ・ストップの材料として、多孔質Siは選択エッチングされ、完全に除去された。

【0253】すなわち、Si酸化膜上に0.2μmの厚みを持った単結晶Si層が形成できた。多孔質Siの選択エッチングによっても単結晶Si層には何ら変化はなかった。形成された単結晶Si層の膜厚を面内全面について100点を測定したところ、膜厚の均一性は201nm±4nmであった。

【0254】透過電子顕微鏡による断面観察の結果、Si層には新たな結晶欠陥は導入されておらず、良好な結晶性が維持されていることが確認された。

【0255】さらに水素中で1100℃で熱処理を1時間行い、表面粗さを原子間力顕微鏡で評価したところ、50μm角の領域での平均2乗粗さはおよそ0.2nmで通常市販されているSiウエハと同等であった。

【0256】酸化膜は、エピタキシャル層表面でなく、第2の基板表面に形成しても、あるいは、その両者に形成しても同様の結果が得られた。

【0257】また、第1の基板側に残った多孔質Siもその後、49%弗酸と30%過酸化水素水との混合液で攪はんしながら選択エッチングした。その後、水素アニール、あるいは表面研磨等の表面処理を施して再び第1の基板としてあるいは第2の基板として使用し、上述した工程をくり返し行った。

【0258】また、上記実施例2~4のように分離層を形成したウエハを分離したところ同様の結果が得られた。

【0259】(実施例9)(複数のjet)
比抵抗0.01Ω・cmのP型の第1の単結晶Si基板を、HF溶液中において陽極化成を行った。

【0260】陽極化成条件は以下のとおりであった。

【0261】電流密度: 7 (mA・cm⁻²)

陽極化成溶液: HF:H₂O:C₂H₅OH=1:1:1

時間: 11 (分)

多孔質Siの厚み: 12 (μm)

【0262】多孔質Siは高品質エピタキシャルSi層を形成させるために、さらに分離層として用いる為のものである。

【0263】多孔質Si層の厚さは、これに限っておらず、数百μmから数十μm程度まで使用できる。

【0264】この基板を酸素雰囲気中400℃で1時間酸化した。この酸化により多孔質Siの孔の内壁は熱酸化膜で覆われた。この多孔質Si層の表面をフッ酸で処理し、孔の内壁の酸化膜を残して、多孔質Si層の表面の酸化膜のみ除去した後、多孔質Si上にCVD法により単結晶Siを0.3μmエピタキシャル成長した。成長条件は以下の通りである。

【0265】ソースガス: SiH₂Cl₂/H₂

ガス流量: 0.5/180 l/min

ガス圧力: 80 Torr

温度: 950℃

成長速度: 0.3μm/min

【0266】さらに、このエピタキシャルSi層表面に熱酸化により200nmのSiO₂層を形成した。

【0267】該SiO₂層表面と別に用意した第2のSi基板の表面とを重ね合わせ、接触させた後、1180℃の温度で5分間の熱処理をし、貼り合わせを行った。

【0268】上記のようにして形成された貼合わせ基板を、図9に示す装置を用いて分離した。

【0269】図9のように、貼り合わせたウエハ701をウエハ保持体708によってウエハの両面から抑えて垂直に立てた。その両ウエハ701のベベリングで構成された隙間に、その上方あるいは側方に配置された3個のウォータージェット装置の0.15mmのノズル702-704から2000kgf/cm²の圧力で高圧の純水を、貼り合わせウエハの貼り合わせ界面(表面)に平行な方向から噴射した。複数のノズルを高圧の純水がベベリングで構成された隙間に沿って移動する方向に走査した。

【0270】そうしたところ、多孔質Si層を介してウエハは二分割された。

【0271】その結果、元々第1の基体表面に形成されたSiO₂層、エピタキシャルSi層、および多孔質Si層の一部が第2の基板側に移設された。第1の基板表面には多孔質Siのみ残った。

【0272】その後、第2の基板上に移設された多孔質Si層を49%弗酸と30%過酸化水素水との混合液で攪はんしながら選択エッチングした。単結晶Siはエッチングされずに残り、単結晶Siをエッチ・ストップの材料として、多孔質Siは選択エッチングされ、完全に除去された。

【0273】こうして、Si酸化膜上に0.2μmの厚みを持った単結晶Si層が形成できた。多孔質Siの選択エッチングによっても単結晶Si層には何ら変化はなかった。形成された単結晶Si層の膜厚の面内全面につ

いて100点を測定したところ、膜厚の均一性は $201\text{ nm} \pm 4\text{ nm}$ であった。

【0274】透過電子顕微鏡による断面観察の結果、Si層には新たな結晶欠陥は導入されておらず、良好な結晶性が維持されていることが確認された。

【0275】さらに水素中で 1100°C で熱処理を1時間行い、表面粗さを原子間力顕微鏡で評価したところ、 $50\text{ }\mu\text{m}$ 角の領域での平均2乗粗さはおよそ 0.2 nm で通常市販されているSiウエハと同等であった。

【0276】酸化膜は、エピタキシャル層表面でなく、第2の基板表面に形成しても、あるいは、その両者に形成しても同様の結果が得られる。

【0277】また、第1の基板側に残った多孔質Siもその後、49%弗酸と30%過酸化水素水との混合液で攪はんしながら選択エッチングした。その後、水素アニール、あるいは表面研磨等の表面処理を施して再び第1の基板としてあるいは第2の基板として使用し、上述した工程をくり返し行った。

【0278】また、上記実施例2~4のように分離層を形成したウエハを分離したところ同様の結果が得られた。

【0279】また、上記実施例5~8の様なウォータージェットの噴射方法においても複数のノズルを使用することにより、効率よく貼り合わせウエハを分離できる。

【0280】(実施例10)(スリットjet) 比抵抗 $0.01\text{ }\Omega \cdot \text{cm}$ のP型の第1の単結晶Si基板を、HF溶液中において陽極化成を行った。

【0281】陽極化成条件は以下のとおりであった。

【0282】電流密度： $7\text{ (mA} \cdot \text{cm}^{-2})$

陽極化成溶液：HF： H_2O ： $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ =1：1：1

時間：11(分)

多孔質Siの厚み： $12\text{ (}\mu\text{m)}$

【0283】多孔質Siは高品質エピタキシャルSi層を形成させるための、さらに分離層として用いるのである。

【0284】多孔質Si層の厚さは、これに限っておらず、数百 μm から数十 μm 程度まで使用できる。

【0285】この基板を酸素雰囲気中 400°C で1時間酸化した。この酸化により多孔質Siの孔の内壁は熱酸化膜で覆われた。この多孔質Si層の表面をフッ酸で処理し、孔の内壁の酸化膜を残して、多孔質Si層の表面の酸化膜のみ除去した後、多孔質Si上にCVD法により単結晶Siを $0.3\text{ }\mu\text{m}$ エピタキシャル成長した。成長条件は以下の通りである。

【0286】ソースガス： SiH_4 ： Cl_2 ： H_2

ガス流量： $0.5/180\text{ l/min}$

ガス圧力： 80 Torr

温度： 950°C

成長速度： $0.3\text{ }\mu\text{m/min}$

【0287】さらに、絶縁層として、このエピタキシャルSi層表面に熱酸化により 200 nm の酸化膜(SiO_2 層)を形成した。

【0288】該 SiO_2 層表面と別に用意した第2のSi基板の表面とを重ね合わせ、接触させた後、 1180°C の温度で5分間の熱処理をし、貼り合わせを行った。

【0289】上記のようにして形成された貼合わせ基板を、図10に示す装置を用いて分離した。図10に示すように、貼り合わせたウエハを垂直に立てて、その両ウエハのベベリングで構成された隙間に、その上方あるいは側方に配置されたウォータージェット装置の 0.15 mm 幅、長さが 50 mm のスリット状のノズルから 800 kgf/cm^2 の圧力で高圧の純水を、貼り合わせウエハの貼り合わせ界面(表面)に平行な方向から噴射した。スリットは貼り合わせウエハの貼り合わせ界面(表面)に平行に配置され、線状の水流がきちんと両ウエハのベベリングで構成された隙間に噴射された。そして、複数のノズルを高圧の純水がベベリングで構成された隙間に沿って移動する方向に走査した。

【0290】そうしたところ、多孔質Si層を介してウエハを二分割された。

【0291】その結果、元々第1の基体表面に形成された SiO_2 層、エピタキシャルSi層、および多孔質Si層の一部が第2の基板側に移設された。第1の基板表面には多孔質Siのみ残った。

【0292】その後、第2の基板上に移設された多孔質Si層を49%弗酸と30%過酸化水素水との混合液で攪はんしながら選択エッチングした。単結晶Siはエッチングされずに残り、単結晶Siをエッチ・ストップの材料として、多孔質Siは選択エッチングされ、完全に除去された。

【0293】すなわち、Si酸化膜上に $0.2\text{ }\mu\text{m}$ の厚みを持った単結晶Si層が形成できた。多孔質Siの選択エッチングによっても単結晶Si層には何ら変化はなかった。形成された単結晶Si層の膜厚を面内全面について100点を測定したところ、膜厚の均一性は $201\text{ nm} \pm 4\text{ nm}$ であった。

【0294】透過電子顕微鏡による断面観察の結果、Si層には新たな結晶欠陥は導入されておらず、良好な結晶性が維持されていることが確認された。

【0295】さらに水素中で 1100°C で熱処理を1時間行い、表面粗さを原子間力顕微鏡で評価したところ、 $50\text{ }\mu\text{m}$ 角の領域での平均2乗粗さはおよそ 0.2 nm で通常市販されているSiウエハと同等であった。

【0296】酸化膜は、エピタキシャル層表面でなく、第2の基板表面に形成しても、あるいは、その両者に形成しても同様の結果が得られる。

【0297】また、第1の基板側に残った多孔質Siもその後、49%弗酸と30%過酸化水素水との混合液で攪はんしながら選択エッチングした。その後、水素アニ

ール、あるいは表面研磨層の表面処理を施して再び第1の基板としてあるいは第2の基板として投入することができた。

【0298】また、上記実施例2～4のように分離層を形成したウエハを分離したところ同様の結果が得られた。

【0299】(実施例11)(石英基板)

第2の基板として光透過性の基板である(石英)を用意した。

【0300】そして貼り合わせ前に石英表面に N_2 プラズマ処理を施し、熱処理を 400°C で100時間行った。そして分離後のSOI層の表面平坦化の水素中熱処理を 1000°C 以下である 970°C で4時間行った。

【0301】その他の工程は前出の実施例1～10と同じである。

【0302】このように、第2の基板として、絶縁性の材料から成る透明基板を用いた場合には、前出の実施例1～10におけるエピタキシャルSi層の表面に形成された酸化膜(絶縁層)は必ずしも必要ではない。ただし、後にトランジスタ等の素子が形成されるエピタキシャルSi層を、貼り合わせ界面から離して、界面についた不純物の影響を減少させるためには、上記酸化膜(絶縁層)を形成するのが望ましい。

【0303】(実施例12)(GaAs on Si)
上記1～10の実施例でエピタキシャル層をGaAsに代表される化合物半導体にした場合でも同様に実施できた。

【0304】上記示した実施例において、ウォータージェットの高圧およびノズル径は、それぞれ $500\sim 3500\text{ kgf/cm}^2$ 、 0.1 mm ～(貼り合わせウエハ総厚の半分)の間で同様に実現できた。

【0305】多孔質Si上のGaAsのエピタキシャル成長法はCVD法その他、MBE法、スパッタ法、液相成長法、等多種の方法で実施でき、CVD法に限らない。また、その膜厚も数nmから数百 μm まで可能である。

【0306】以上の各実施例において、イオン注入層又は多孔質層の選択エッチング液としては49%弗酸と30%過酸化水素水との混合液に限らず、弗酸、弗酸+アルコール、弗酸+アルコール+過酸化水素水、バッファード弗酸、バッファード弗酸+アルコール、バッファード弗酸+過酸化水素水、バッファード弗酸+アルコール+過酸化水素水、あるいは弗酸・硝酸・酢酸の混合液のようなものでも多孔質Siは、その膨大な表面積のため選択エッチングできる。

【0307】他の工程についても、ここの実施例に限られた条件だけでなく、さまざまな条件で実施できる。

【0308】(実施例13)(ウエハを回転)
比抵抗 $0.01\Omega\cdot\text{cm}$ のP型の単結晶Siからなる円盤状のウエハを第1のSi基板として用意し、HF溶液中においてその表面に陽極化成処理を施した。

【0309】陽極化成条件は以下のとおりであった。

【0310】電流密度： $7(\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2})$

陽極化成溶液： $\text{HF}:\text{H}_2\text{O}:\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}=1:1:1$

時間： $11(\text{分})$

多孔質Siの厚み： $12(\mu\text{m})$

【0311】このウエハを酸素雰囲気中 400°C で1時間酸化した。この酸化により多孔質Siの孔の内壁は熱酸化膜で覆われた。この多孔質Si層の表面をフッ酸で処理し、孔の内壁の酸化膜を残して、多孔質Si層の表面の酸化膜のみ除去した後、多孔質Si上にCVD法により単結晶Siを $0.3\mu\text{m}$ エピタキシャル成長した。成長条件は以下の通りである。

【0312】ソースガス： $\text{SiH}_2\text{Cl}_2/\text{H}_2$

ガス流量： $0.5/180\text{ l/min}$

ガス圧力： 80 Torr

温度： 950°C

成長速度： $0.3\mu\text{m/min}$

【0313】さらに、絶縁層として、このエピタキシャルSi層表面に熱酸化により 200 nm の酸化膜(SiO_2 層)を形成した。

【0314】こうして得られた第1の基板とは別に、第2のSi基板として円盤状のSiウエハを用意した。

【0315】第1のSi基板の該 SiO_2 層表面と、第2のSi基板の表面とを重ね合わせ、接触させた後、 180°C の温度で5分間の熱処理をし、両基板の貼り合わせを行った。

【0316】次に、図14、図15、図17～図20に示す装置を用いて貼り合わされたウエハからなる複合部材の分離を行う準備をした。

【0317】位置決め台35のノッチに合わせて、複合部材であるウエハを垂直に立てて配置した。

【0318】チューブ52及びチューブ54より加圧された空気を加圧路56に供給して保持部45a、46aをウエハの表面及び裏面に向けて、図18のように前進させ、保持部45a、46aの開口oppのある保持面をウエハの表面及び裏面にそれぞれ当接させた。

【0319】チューブ51、53より吸引を行いウエハを保持部45a、46aに固定した。

【0320】加圧空気の供給を中断し、ウエハの表面及び裏面の法線方向且つ互いに逆向きにウエハにバネ47、48による張力を与えた。

【0321】シャッター61を閉じた状態で、ポンプ62から研磨粒子を含まない純水を 0.15 mm 径のノズルに圧送し約 200 kgf/cm^2 の圧力で水を噴射するようにポンプ62を動作をせしめた。

【0322】位置決め台35を待機位置に退避させるとともに、モータ32に通電し、シャフト31、ベルト27、28を介して伝達された回転駆動力により、保持体21、22を回転させた。

【0323】ウエハは保持部45a、46aに吸着されているので、保持体21、22とともに同方向に、同角速度で同時に回転を開始した。

【0324】図19に示すようにシャッタ61を開いて、ウエハ側面の分離箇所ウォータージェットを当てた。

【0325】ウォータージェットからの水が分離箇所の孔に浸入し、分離箇所となっている多孔質層を境にウエハをその周辺から分離していった。

【0326】ウォータージェットの噴射とウエハの回転を続行するにつれて分離により生じた隙間は徐々にウエハの周辺から回転中心に進行成長し、最終的には図20に示すようにウエハを分離できた。

【0327】ウエハは図20中の矢印TA、TBに示す方向に、力を受けている為ウエハの回転中心部分が最後に分離されると同時にウエハは図20のように離れる。

【0328】その後、水の圧送を中断し、分離したウエハを保持部45a、46aより取りはずした。

【0329】その後、第2の基板上に移設された多孔質Si層の残りを49%弗酸と30%過酸化水素水との混合液で攪はんしながら選択エッチングした。この多孔質層の下に移設された単結晶Siはエッチングされずに残り、単結晶Siをエッチ・ストップの材料として、多孔質Siは選択エッチングされ、完全に除去され、単結晶Si薄膜が露出した。

【0330】こうして、第2の基板のSi酸化膜上に0.2 μ mの厚みを持った単結晶Si層を有する1枚目のSOI基板が得られた。多孔質Siの選択エッチングによっても単結晶Si層には何ら変化はなかった。形成された単結晶Si層の膜厚を面内全面について100点を測定したところ、膜厚の均一性は201nm \pm 2nmであった。

【0331】透過電子顕微鏡による断面観察の結果、Si層には新たな結晶欠陥は導入されておらず、良好な結晶性が維持されていることが確認された。

【0332】さらに水素中で1100℃で熱処理を50分間行い、表面粗さを原子間力顕微鏡で評価したところ、50 μ m角の領域での平均2乗粗さはおよそ0.2nmであった。

【0333】また、第1の基板側に残った多孔質Siもその後、49%弗酸と30%過酸化水素水との混合液で攪はんしながら選択エッチングした。その後、研磨等の表面処理を施した。

【0334】研磨された第1の基板に、再び、陽極化成を施し、多孔質Si層を形成し、その上に非多孔質の単結晶Siを成長させた。エピタキシャル成長した非多孔質の単結晶Si層の表面を酸化した。そして、別に用意した第3の基板であるSiウエハと、第1の基板の単結晶Si層の酸化された表面を貼り合わせた。

【0335】以上の工程の諸条件は、第1回目の貼り合

わせウエハの作製条件と同じである。再び上述した第1回目の分離方法と同様にしてウエハを分離し、第3基板の絶縁性表面上に単結晶Si層を有する2枚目のSOI基板が得られた。以上の工程をくり返し行て、第1の基板をリサイクルしながら、3枚目及び4枚目のSOI基板を製造した。

【0336】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば内部に分離領域を持つ複合部材を該分離領域以外を傷つけたり破損したりすることなく分離領域で複数の小部材に分離する事が可能になりこれを利用して従来よりも高品質の半導体基体を容易に確実に高い歩留まりで製造することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の複合部材の分離方法を説明する為の模式図。

【図2】本発明の流体による複合部材の分離方法の一例を説明する為の模式図。

【図3】本発明の分離装置の一例を示す斜視図。

【図4】本発明の分離装置の別の例を示す断面図。

【図5】本発明の分離装置の他の例を示す斜視図。

【図6】本発明の分離装置の更に別の例を示す模式図。

【図7】本発明の分離装置の更に他の例を示す模式図。

【図8】本発明の流体による複合部材の分離方法の別の例を説明する為の模式図。

【図9】本発明の分離装置の更に他の例を示す模式図。

【図10】本発明の分離装置の更に他の例を示す模式図。

【図11】本発明の分離装置の更に他の例を示す模式図。

【図12】本発明の分離装置の更に他の例を示す模式図。

【図13】本発明の分離装置の更に他の例を示す模式図。

【図14】本発明の別の分離装置の上面図。

【図15】図15に示す分離装置の側面図。

【図16】複合部材の分離の様子を説明する為の模式図。

【図17】待機状態にある図15に示す分離装置の断面図。

【図18】基板保持状態にある図15に示す分離装置の断面図。

【図19】分離動作開始状態にある図15に示す分離装置の断面図。

【図20】分離動作終了時の状態にある図15に示す分離装置の断面図。

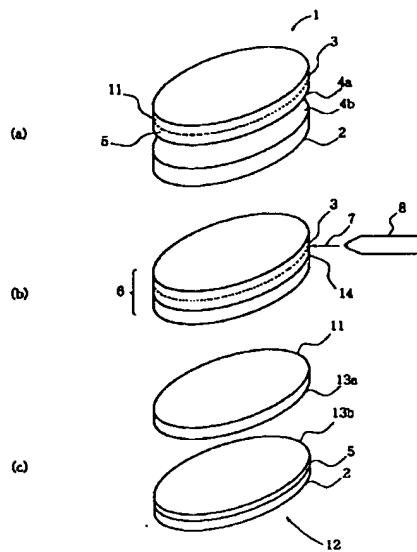
【符号の説明】

- 1 第1の部材
- 2 第2の部材
- 3 分離領域

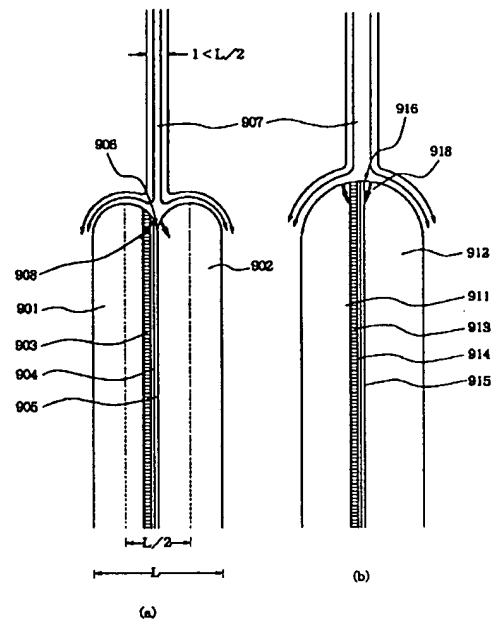
- 5 層領域
6 側面(端面)
7 流体

- 8 ノズル
14 接合界面

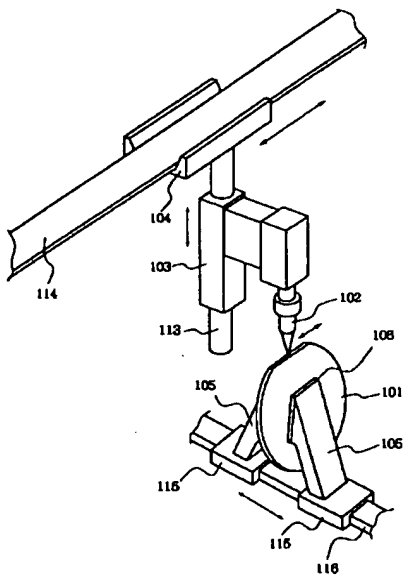
【図1】



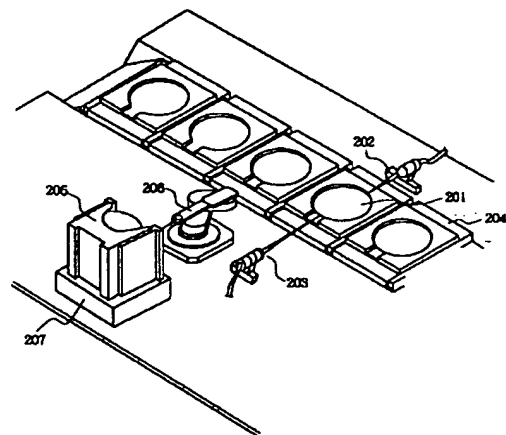
【図2】



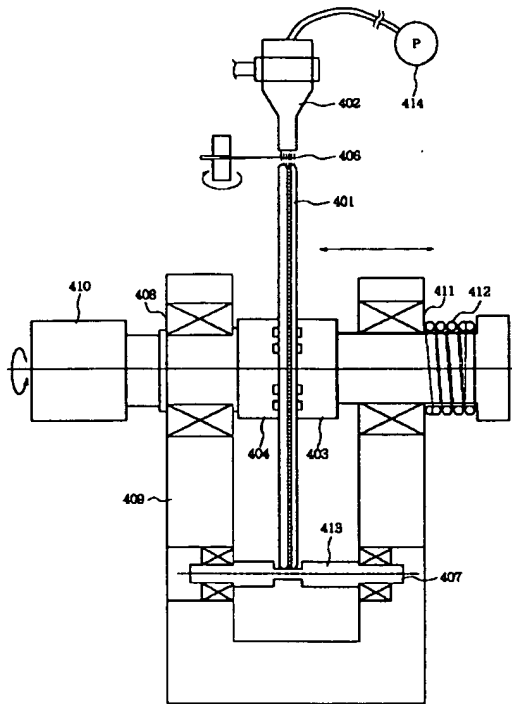
【図3】



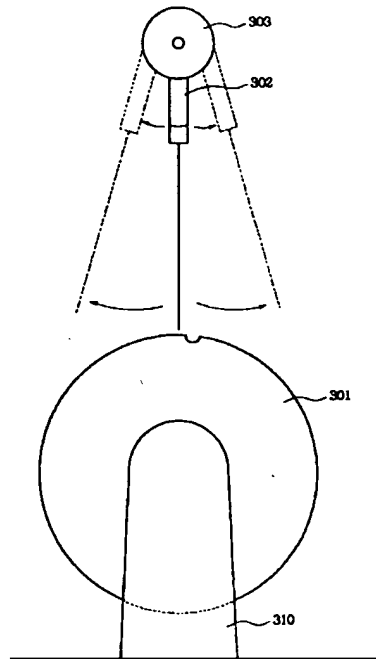
【図5】



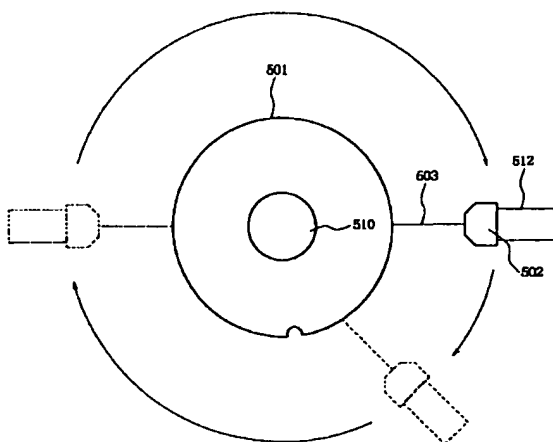
【図4】



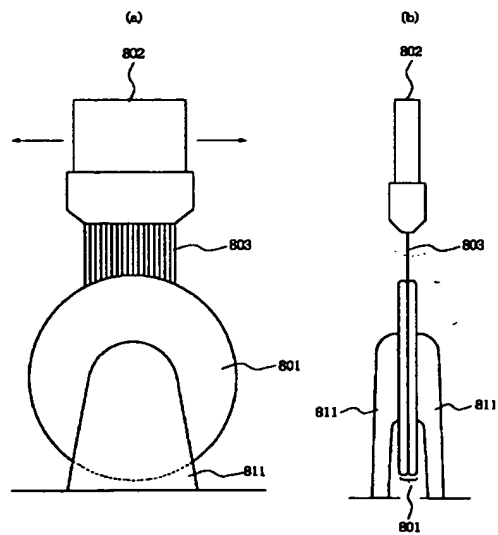
【図6】



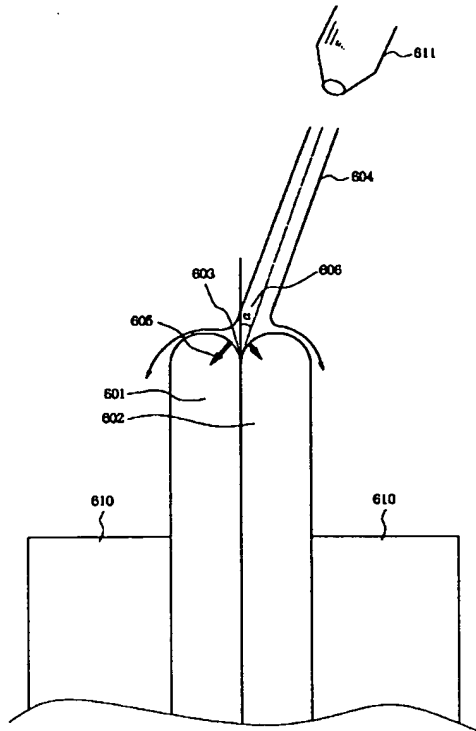
【図7】



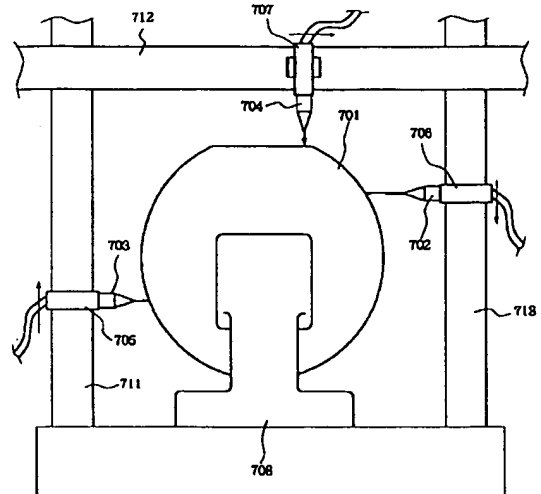
【図10】



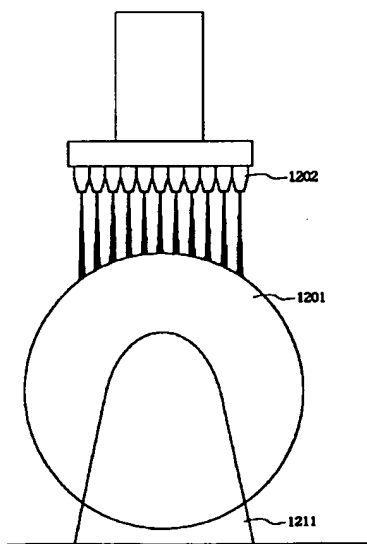
【図8】



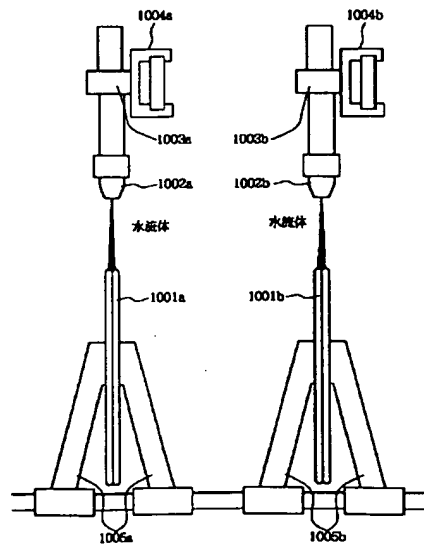
【図9】



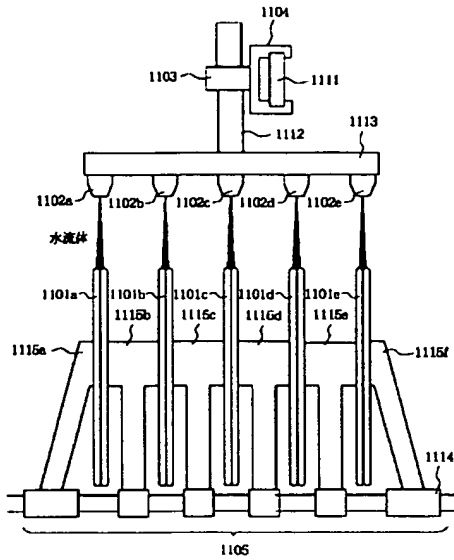
【図11】



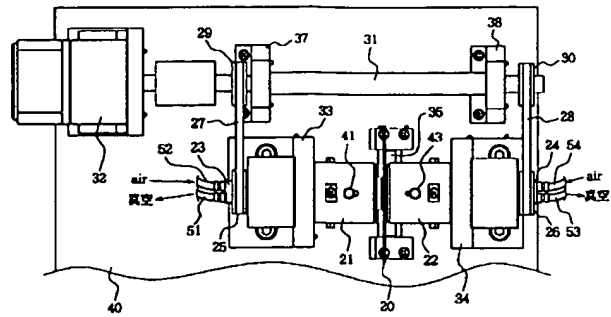
【図12】



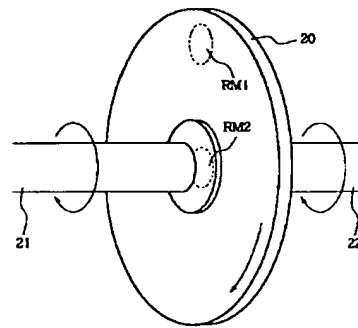
【図13】



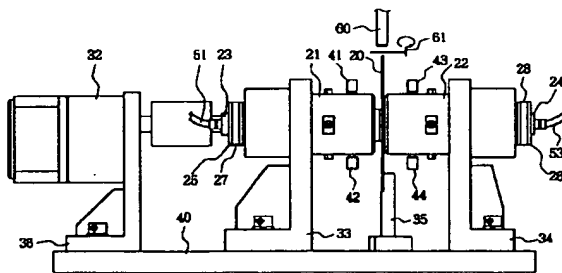
【図14】



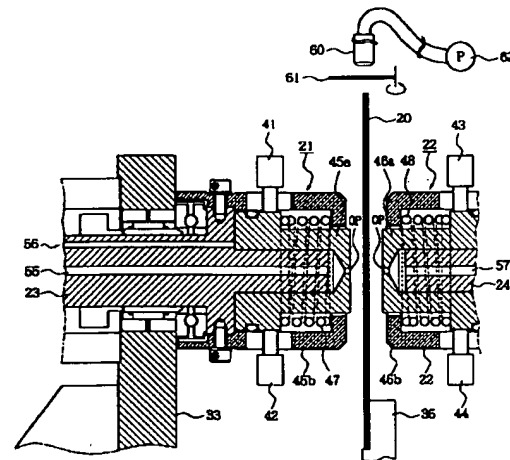
【図16】



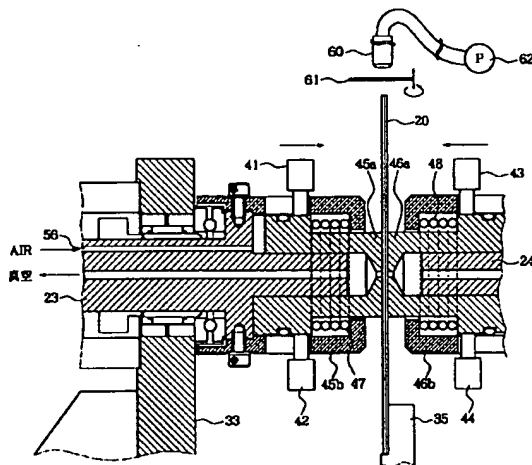
【図15】



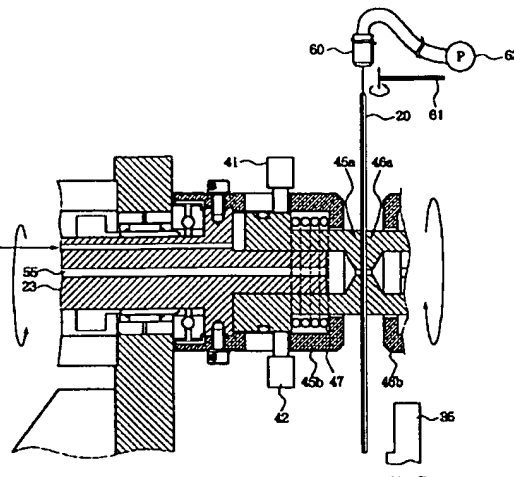
【図17】



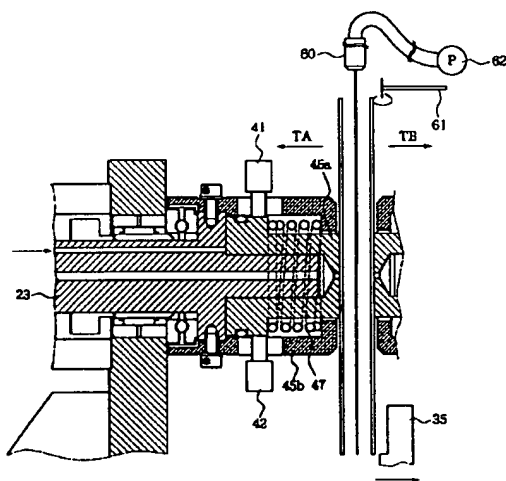
【図18】



【図19】



【図20】



【手続補正書】

【提出日】平成10年5月25日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに接合された複数の部材を有する複合部材を、前記複数の部材の接合箇所とは異なる箇所において、分離する複合部材の分離方法において、

前記複合部材の側面に流体を吹き付けることにより、前記複合部材を分離することを特徴とする分離方法。

【請求項2】 前記複合部材は、一方の部材の内部に微小空隙を含む分離領域を有し、この分離領域付近に流体を吹き付けることにより、分離領域から複数の部材に分離する請求項1に記載の分離方法。

【請求項3】 前記側面に、流体を受けて分離領域を押し広げる力を生ずるような、凹型を形成する請求項2に記載の分離方法。

【請求項4】 前記分離領域は、前記接合箇所よりも機

機械的強度が脆弱である請求項2に記載の分離方法。

【請求項5】 前記分離領域は、陽極化成法によって形成された多孔質層からなる請求項2に記載の分離方法。

【請求項6】 前記分離領域は、イオン打ち込みにより形成された微小気泡を得ることのできる層である請求項2に記載の分離方法。

【請求項7】 前記流体を吹き付ける方法として、高圧の水流をノズルから吹き出すウォーター・ジェット法を用いる請求項1に記載の分離方法。

【請求項8】 請求項1記載の分離方法によって分離された部材。

【請求項9】 基板上に多孔質単結晶半導体層と該多孔質単結晶半導体層の上に設けられた非多孔質単結晶半導体層とを有する第1の基体を用意する工程、前記第1の基体と第2の基体とを貼り合わせて複合部材を形成する工程、及び前記複合部材の前記多孔質単結晶半導体層側面に流体を吹き付けることにより、前記複合部材を多孔質単結晶半導体層において分離する工程を有することを特徴とする半導体基体の作製方法。

【請求項10】 前記複合部材の側面の前記多孔質単結晶半導体層の付近に、流体の流れを受けて多孔質単結晶半導体層を押し広げる方向の力を生ずるような、凹型を形成する請求項9に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項11】 前記多孔質単結晶半導体層は、第1の基体と第2の基体の貼り合わせ面よりも機械的強度が脆弱である請求項9に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項12】 前記多孔質単結晶半導体層が、陽極化成法によって形成されたものである請求項9に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項13】 前記流体の吹き付ける方法として、高圧の水流をノズルから吹き出すウォーター・ジェット法を用いる請求項9に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項14】 第1の基体は、単結晶シリコン基板を部分的に多孔質化することによって多孔質単結晶シリコン層を形成し、該多孔質単結晶シリコン層上に非多孔質単結晶シリコン層をエピタキシャル成長することによって形成される請求項9に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項15】 前記第1の基体と第2の基体は、少なくとも1つの絶縁層を介して貼り合わされ、該絶縁層は前記非多孔質単結晶シリコン層の表面を酸化することによって形成される請求項14に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項16】 前記第2の基体は、光透過性の基板から成る請求項9に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項17】 前記第2の基体は、シリコン基板から成る請求項9に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項18】 単結晶半導体から成る第1の基体の所定の深さにイオンを打ち込むことにより、微小気泡層を得ることのできるイオン打ち込み層を形成する工程、前記第1の基体と第2の基体とを絶縁層を介して貼り合

せて複合部材を形成する工程、及び前記複合部材のイオン打ち込み層側面に流体を吹き付けることにより、前記複合部材をイオン打ち込み層において分離する工程を有することを特徴とする半導体基体の作製方法。

【請求項19】 前記複合部材の側面のイオン打ち込み層の付近に、流体を受けてイオン打ち込み層を押し広げる方向の力を生ずるような、凹型を形成する請求項18に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項20】 前記イオン打ち込み層は、第1の基体と第2の基体の貼り合わせ面よりも機械的強度が脆弱である請求項18に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項21】 前記流体を吹き付ける方法として、高圧の水流をノズルから吹き出すウォーター・ジェット法を用いる請求項18に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項22】 請求項9に記載の方法で作製された半導体基体。

【請求項23】 請求項1記載の分離方法を実行する分離装置。

【請求項24】 高圧の水流をノズルから吹き出すウォーター・ジェット法により流体を吹き付けることを特徴とする請求項23に記載の分離装置。

【請求項25】 前記複合部材と前記ノズルとを相対的に移動させて前記水流を走査させることを特徴とする請求項24に記載の分離装置。

【請求項26】 前記複合部材を固定し前記ノズルを走査して前記水流を走査させることを特徴とする請求項25に記載の分離装置。

【請求項27】 前記複合部材を保持する保持体と、前記複合部材の前記接合された箇所に沿って前記ノズルを水平移動させるノズル水平移動機構と、前記複合部材と前記ノズルとの垂直方向距離を調整するノズル垂直移動機構とを有することを特徴とする請求項26に記載の分離装置。

【請求項28】 前記ノズルを支点を中心に扇状に走査する機構を有することを特徴とする請求項26に記載の分離装置。

【請求項29】 前記複合材料を中心として前記複合材料の周囲を前記ノズルが回転することを特徴とする請求項26に記載の分離装置。

【請求項30】 前記ノズルが複数からなることを特徴とする請求項26に記載の分離装置。

【請求項31】 前記複合部材を走査し前記ノズルを固定して前記水流を走査させることを特徴とする請求項25に記載の分離装置。

【請求項32】 前記複合部材を回転させる回転機構を有することを特徴とする請求項31に記載の分離装置。

【請求項33】 前記複合部材の回転中心に向けて前記ノズルを位置させることを特徴とする請求項32に記載の分離装置。

【請求項34】 前記複合部材の回転中心を保持する回

転保持部材を有することを特徴とする請求項32に記載の分離装置。

【請求項35】 互いに接合された複数の部材を有する複合部材の第1の面を第1の保持体により回転可能に保持し、前記複合部材の第2の面を第2の保持体により回転可能に保持し、前記第1及び第2の保持体を同期させて回転させ、回転する前記複合部材の側面に流体を吹き付け、前記複合部材を前記流体が吹き付けられた箇所を起点として、複数の部材に分離することを特徴とする分離方法。

【請求項36】 前記複合部材の接合箇所とは異なる分離箇所に前記流体を吹き付ける請求項35に記載の分離方法。

【請求項37】 前記複合部材の端面には凹部が設けられており、該凹部の底部に前記流体を吹き付ける請求項35に記載の分離方法。

【請求項38】 互いに接合された複数の部材を有する複合部材の第1の面を回転可能に保持する第1の保持体、前記複合部材の第2の面を回転可能に保持する第2

の保持体、前記第1及び第2の保持体の回転の同期をとる同期手段、回転する前記複合部材の側面に流体を吹き付けるノズル、前記複合部材を前記流体が吹き付けられた箇所を起点として複数の部材に分離することを特徴とする分離装置。

【請求項39】 前記複合部材の接合箇所とは異なる分離箇所に前記流体を吹き付けるように前記ノズルの位置を定める手段を有する請求項38に記載の分離装置。

【請求項40】 前記複合部材の側面には凹部が設けられており、該凹部の底部に前記流体を吹き付けるように前記ノズルの位置を定める手段を有する請求項38に記載の分離装置。

【請求項41】 互いに接合された複数の部材を有する複合部材を、前記複数の部材の接合箇所とは異なる箇所にある微小空隙を含む分離領域において、分離する複合部材の分離方法において、

盤状の前記複合部材の側面に研磨粒子を含まない流体を吹き付けることにより、前記複合部材を分離することを特徴とする分離方法。

【手続補正書】

【提出日】平成10年10月9日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】発明の名称

【補正方法】変更

【補正内容】

【発明の名称】 複合部材の分離方法、分離された部材、分離装置、半導体基体の作製方法および半導体基体

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに接合された複数の部材を有する複合部材を、前記複数の部材の接合箇所とは異なる箇所において、分離する複合部材の分離方法において、前記複合部材の凹型又は狭い隙間を有する側面に流体を吹き付けることにより、前記複合部材を分離することを特徴とする分離方法。

【請求項2】 前記複合部材は、一方の部材の内部に微小空隙を含む分離領域を有し、この分離領域付近に流体を吹き付けることにより、分離領域から複数の部材に分離する請求項1に記載の分離方法。

【請求項3】 前記分離領域を押し上げて分離を行なう請求項2に記載の分離方法。

【請求項4】 前記分離領域は、前記接合箇所よりも機械的強度が脆弱である請求項2に記載の分離方法。

【請求項5】 前記分離領域は、陽極化成法によって形成された多孔質層からなる請求項2に記載の分離方法。

【請求項6】 前記分離領域は、イオン打ち込みにより形成された微小気泡を得ることのできる層である請求項2に記載の分離方法。

【請求項7】 互いに接合された複数の部材を有する複合部材を、前記複数の部材の接合箇所とは異なる箇所において、分離する複合部材の分離方法において、高圧の水流をノズルから吹き出すウォーター・ジェット法により前記複合部材の側面に前記水流を吹き付けることにより、前記複合部材を分離することを特徴とする分離方法。

【請求項8】 請求項1に記載の分離方法によって分離された部材。

【請求項9】 基板上に多孔質単結晶半導体層と該多孔質単結晶半導体層の上に設けられた非多孔質単結晶半導体層とを有する第1の基体を用意する工程、前記第1の基体と第2の基体とを貼り合わせて側面に凹型又は狭い隙間を有する複合部材を形成する工程、及び前記複合部材の前記多孔質単結晶半導体層側面に流体を吹き付けることにより、前記複合部材を多孔質単結晶半導体層において分離する工程を有することを特徴とする半導体基体の作製方法。

【請求項10】 前記多孔質単結晶半導体層を押し上げて分離を行なう請求項9に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項11】 前記多孔質単結晶半導体層は、第1の基体と第2の基体の貼り合わせ面よりも機械的強度が脆

弱である請求項9に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項12】 前記多孔質単結晶半導体層が、陽極化成法によって形成されたものである請求項9に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項13】 基板上に多孔質単結晶半導体層と該多孔質単結晶半導体層の上に設けられた非多孔質単結晶半導体層とを有する第1の基体を用意する工程、前記第1の基体と第2の基体とを貼り合わせて複合部材を形成する工程、及び高圧の水流をノズルから吹き出すウォーター・ジェット法により前記複合部材の前記多孔質単結晶半導体層側面に前記水流を吹き付けることにより、前記複合部材を多孔質単結晶半導体層において分離する工程を有することを特徴とする半導体基体の作製方法。

【請求項14】 第1の基体は、単結晶シリコン基板を部分的に多孔質化することによって多孔質単結晶シリコン層を形成し、該多孔質単結晶シリコン層上に非多孔質単結晶シリコン層をエピタキシャル成長することによって形成される請求項9に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項15】 前記第1の基体と第2の基体は、少なくとも1つの絶縁層を介して貼り合わされ、該絶縁層は前記非多孔質単結晶シリコン層の表面を酸化することによって形成される請求項14に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項16】 前記第2の基体は、光透過性の基板から成る請求項9に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項17】 前記第2の基体は、シリコン基板から成る請求項9に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項18】 単結晶半導体から成る第1の基体の所定の深さにイオンを打ち込むことにより、微小気泡層を得ることのできるイオン打ち込み層を形成する工程、前記第1の基体と第2の基体とを絶縁層を介して貼り合わせて複合部材を形成する工程、及び前記複合部材のイオン打ち込み層側面に流体を吹き付けることにより、前記複合部材をイオン打ち込み層において分離する工程を有することを特徴とする半導体基体の作製方法。

【請求項19】 前記複合部材の側面のイオン打ち込み層の付近に、流体を受けてイオン打ち込み層を押し上げる方向の力を生ずるような、凹型を形成する請求項18に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項20】 前記イオン打ち込み層は、第1の基体と第2の基体の貼り合わせ面よりも機械的強度が脆弱である請求項18に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項21】 前記流体を吹き付ける方法として、高圧の水流をノズルから吹き出すウォーター・ジェット法を用いる請求項18に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項22】 請求項9に記載の方法で作製された半導体基体。

【請求項23】 互いに接合された複数の部材を有する複合部材を支持する支持手段、前記複合部材の凹型又は狭い隙間を有する側面に流体を吹き付ける吹き付け手段を

有し、前記複数の部材の接合箇所とは異なる箇所において前記複合部材を分離することを特徴とする分離装置。

【請求項24】 前記吹き付け手段は、高圧の水流をノズルから吹き出す手段である請求項23に記載の分離装置。

【請求項25】 前記複合部材と前記ノズルとを相対的に移動させて前記水流を走査する走査手段を有する請求項24に記載の分離装置。

【請求項26】 前記複合部材を固定し前記ノズルを走査して前記水流を走査する走査手段を有する請求項25に記載の分離装置。

【請求項27】 前記複合部材を保持する保持体と、前記複合部材の前記接合された箇所に沿って前記ノズルを水平移動させるノズル水平移動機構と、前記複合部材と前記ノズルとの垂直方向距離を調整するノズル垂直移動機構とを有し、前記複合部材の前記側面に流体を吹き付ける請求項26に記載の分離装置。

【請求項28】 前記ノズルを支点を中心に扇状に走査する機構を有する請求項26に記載の分離装置。

【請求項29】 前記複合材料を中心として前記複合材料の周囲を前記ノズルが回転する機構を有する請求項26に記載の分離装置。

【請求項30】 前記ノズルが複数からなる請求項26に記載の分離装置。

【請求項31】 前記複合部材を走査し前記ノズルを固定して前記水流を走査する走査手段を有する請求項25に記載の分離装置。

【請求項32】 前記複合部材を回転させる回転機構を有する請求項25に記載の分離装置。

【請求項33】 前記複合部材の回転中心に向けて前記ノズルを位置させる請求項32に記載の分離装置。

【請求項34】 前記複合部材の回転中心を保持する回転保持部材を有する請求項32に記載の分離装置。

【請求項35】 互いに接合された複数の部材を有する複合部材の第1の面を第1の保持体により回転可能に保持し、前記複合部材の第2の面を第2の保持体により回転可能に保持し、前記第1及び第2の保持体を同期させて回転させ、回転する前記複合部材の接合箇所とは異なる分離箇所流体を吹き付け、前記複合部材を前記流体が吹き付けられた箇所を起点として、複数の部材に分離することを特徴とする分離方法。

【請求項36】 前記分離箇所を押し上げて分離を行なう請求項35に記載の分離方法。

【請求項37】 前記複合部材の端面には凹部が設けられており、該凹部の底部に前記流体を吹き付ける請求項35に記載の分離方法。

【請求項38】 互いに接合された複数の部材を有する複合部材の第1の面を回転可能に保持する第1の保持体、前記複合部材の第2の面を回転可能に保持する第2の保持体、前記第1及び第2の保持体の回転の同期をと

る同期手段、回転する前記複合部材の接合箇所とは異なる分離箇所流体を吹き付けるノズルを有し、前記複合部材を前記流体が吹き付けられた箇所を起点として複数の部材に分離することを特徴とする分離装置。

【請求項39】 前記複合部材の接合箇所とは異なる分離箇所に前記流体を吹き付けるように前記ノズルの位置を定める手段を有する請求項38に記載の分離装置。

【請求項40】 前記複合部材の側面には凹部が設けられており、該凹部の底部に前記流体を吹き付けるように前記ノズルの位置を定める手段を有する請求項38に記載の分離装置。

【請求項41】 互いに接合された複数の部材を有する複合部材を、前記複数の部材の接合箇所とは異なる箇所にある微小空隙を含む分離領域において、分離する複合部材の分離方法において、盤状の前記複合部材の凹型又は狭い隙間を有する側面に研磨粒子を含まない流体を吹き付けることにより、前記複合部材を分離することを特徴とする分離方法。

【請求項42】 前記複合部材を水平に支持した状態で、前記複合部材の前記側面に流体を吹き付けることにより前記複合部材を分離する請求項1あるいは7に記載の分離方法。

【請求項43】 前記複合部材を水平に支持した状態で、前記複合部材の前記側面に流体を吹き付けることにより前記複合部材を分離する請求項9、13または18に記載の半導体基体の作製方法。

【請求項44】 前記支持手段が、前記複合部材を水平に支持する支持台を有する請求項23に記載の分離装置。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正内容】

【0023】

【課題を解決するための手段】本発明は、互いに接合された複数の部材を有する複合部材を、前記複数の部材の接合箇所とは異なる箇所において、分離する複合部材の分離方法において、前記複合部材の凹型又は狭い隙間を有する側面に流体を吹き付けることにより、前記複合部材を分離することを特徴とする。本発明は、互いに接合された複数の部材を有する複合部材を、前記複数の部材の接合箇所とは異なる箇所において、分離する複合部材の分離方法において、高圧の水流をノズルから吹き出すウォーター・ジェット法により前記複合部材の側面に前記水流を吹き付けることにより、前記複合部材を分離することを特徴とする。本発明は、半導体基体の作製方法であって、基板上に多孔質単結晶半導体層と該多孔質単結晶半導体層の上に設けられた非多孔質単結晶半導体層とを有する第1の基体を用意する工程、前記第1の基体

と第2の基体とを貼り合わせて側面に凹型又は狭い隙間を有する複合部材を形成する工程、及び前記複合部材の前記多孔質単結晶半導体層側面に流体を吹き付けることにより、前記複合部材を多孔質単結晶半導体層において分離する工程を有することを特徴とする。本発明は、半導体基体の作製方法であって、基板上に多孔質単結晶半導体層と該多孔質単結晶半導体層の上に設けられた非多孔質単結晶半導体層とを有する第1の基体を用意する工程、前記第1の基体と第2の基体とを貼り合わせて複合部材を形成する工程、及び高圧の水流をノズルから吹き出すウォーター・ジェット法により前記複合部材の前記多孔質単結晶半導体層側面に前記水流を吹き付けることにより、前記複合部材を多孔質単結晶半導体層において分離する工程を有することを特徴とする。本発明は、半導体基体の作製方法であって、単結晶半導体から成る第1の基体の所定の深さにイオンを打ち込むことにより、微小気泡層を得ることのできるイオン打ち込み層を形成する工程、前記第1の基体と第2の基体とを絶縁層を介して貼り合わせて複合部材を形成する工程、及び前記複合部材のイオン打ち込み層側面に流体を吹き付けることにより、前記複合部材をイオン打ち込み層において分離する工程を有することを特徴とする。本発明は、分離装置に関し、互いに接合された複数の部材を有する複合部材を支持する支持手段、前記複合部材の凹型又は狭い隙間を有する側面に流体を吹き付ける吹き付け手段を有し、前記複数の部材の接合箇所とは異なる箇所において前記複合部材を分離することを特徴とする。本発明は、互いに接合された複数の部材を有する複合部材の第1の面を第1の保持体により回転可能に保持し、前記複合部材の第2の面を第2の保持体により回転可能に保持し、前記第1及び第2の保持体を同期させて回転させ、回転する前記複合部材の接合箇所とは異なる分離箇所に流体を吹き付け、前記複合部材を前記流体が吹き付けられた箇所を起点として、複数の部材に分離することを特徴とする。本発明は、分離装置に関し、互いに接合された複数の部材を有する複合部材の第1の面を回転可能に保持する第1の保持体、前記複合部材の第2の面を回転可能に保持する第2の保持体、前記第1及び第2の保持体の回転の同期をとる同期手段、回転する前記複合部材の接合箇所とは異なる分離箇所に流体を吹き付けるノズルを有し、前記複合部材を前記流体が吹き付けられた箇所を起点として複数の部材に分離することを特徴とする。本発明は、互いに接合された複数の部材を有する複合部材を、前記複数の部材の接合箇所とは異なる箇所にある微小空隙を含む分離領域において、分離する複合部材の分離方法において、盤状の前記複合部材の凹型又は狭い隙間を有する側面に研磨粒子を含まない流体を吹き付けることにより、前記複合部材を分離することを特徴とする。

フロントページの続き

(72)発明者 米原 隆夫
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノ
ン株式会社内